



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Koichi TSUNODA, et al.

GAU:

SERIAL NO: 10/628,245

EXAMINER:

FILED: July 29, 2003

FOR: IMAGE FORMATION APPARATUS, SOUND QUALITY EVALUATION METHOD, METHOD OF MANUFACTURING IMAGE FORMATION APPARATUS, AND METHOD OF REMODELING IMAGE FORMATION APPARATUS

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed

- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	2002-220404	July 29, 2002
JAPAN	2002-244063	August 23, 2002
JAPAN	2002-274110	September 19, 2002
JAPAN	2002-334270	November 18, 2002
JAPAN	2003-203359	July 29, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
☐ are submitted herewith
☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

Joseph A. Scafetta, Jr.
Registration No. 26,803

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

83

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 8 月 2 3 日
Date of Application:

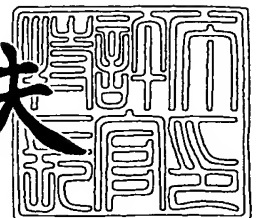
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 4 4 0 6 3
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 4 4 0 6 3]

出 願 人 株式会社リコー
Applicant(s):

2 0 0 3 年 8 月 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 3 5 4 5

【書類名】 特許願

【整理番号】 0107919

【提出日】 平成14年 8月23日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03G 21/00 510

【発明の名称】 画像形成装置

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内

【氏名】 角田、幸一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内

【氏名】 廣野 元久

【特許出願人】

【識別番号】 000006747

【氏名又は名称】 株式会社リコー

【代理人】

【識別番号】 100089118

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 宏明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036711

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9808514

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像形成装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 画像形成装置の端面から所定距離離れた位置における稼動音から得られる音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルシブネス値、p p m (A 4 横サイズの 1 分間の印刷枚数) 値を用いた不快確率 (a) が、

【数 1】

$$\hat{p}_{i.} = 1 / \{1 + \exp[-z]\} \quad \dots (a)$$

$$z = A \times \text{音圧レベル}_i + B \times \text{ラウドネス}_i + C \times \text{シャープネス}_i + D \times \text{トーンリティ}_i + E \times \text{インパルシブネス}_i + F$$

(i=1,2,3,...,n)

A, B, C, D, E : 各パラメータに対する回帰係数

F : 切片

$$0.142 \leq A \leq 0.183$$

$$0.300 \leq B \leq 0.389$$

$$1.097 \leq C \leq 1.265$$

$$9.818 \leq D \leq 11.516$$

$$2.588 \leq E \leq 3.240$$

$$-18.844 \leq F \leq -14.968$$

$$\hat{p}_{i.} \leq 0.2725 \text{Ln}(x) - 0.6331 \quad \dots (b)$$

条件 (b) を満たすことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 2】 前記 A ~ F の値の範囲は、各係数の推定値に、 $\pm 2 \sigma$ (標準誤差) の範囲を加えたものであることを特徴とする請求項 1 に記載の画像形成装置。

【請求項 3】 画像形成装置の端面から所定距離離れた位置における稼動音から得られる音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルシブネス値、p p m (A 4 横サイズの 1 分間の印刷枚数) 値を用いた不快確率 (c) が、

【数 2】

$$\hat{p}_i = 1 / \left\{ 1 + \exp \left[\begin{array}{l} 16.90601 - 0.1625723x_{\text{音圧レベル}} \\ -0.34475769x_{\text{ラウドネス}_i} - 1.18093783x_{\text{シャープネス}_i} \\ -10.6669829x_{\text{トーンリテ}_i} - 2.91380546x_{\text{インパルス}_i} \\ \pm 2\hat{\sigma} \end{array} \right] \right\} \quad \dots (c)$$

(i=1,2,3,...,n)

 σ : 標準誤差

$$\hat{p}_i \leq 0.2725 \text{Ln}(x) - 0.6331 \quad \dots (b)$$

条件 (b) を満たすことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 4】 前記音質評価式 (c) の標準誤差 σ は、 $\sigma = 0.839$ であることを特徴とする請求項 3 に記載の画像形成装置。

【請求項 5】 画像形成装置の端面から所定距離離れた位置における稼動音から得られる音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリテ値、インパルス値、p p m (A 4 横サイズの 1 分間の印刷枚数) 値を用いた不快確率 (d) が、

【数 3】

$$\hat{p}_i = 1 / \left\{ 1 + \exp \left[\begin{array}{l} 16.90601 - 0.1625723x_{\text{音圧レベル}} \\ -0.34475769x_{\text{ラウドネス}_i} - 1.18093783x_{\text{シャープネス}_i} \\ -10.6669829x_{\text{トーンリテ}_i} - 2.91380546x_{\text{インパルス}_i} \end{array} \right] \right\} \quad \dots (d)$$

(i=1,2,3,...,n)

$$\hat{p}_i \leq 0.2725 \text{Ln}(x) - 0.6331 \quad \dots (b)$$

条件 (b) を満たすことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 6】 前記不快確率 (a)、(c)、(d) は、音の一対比較の優劣の確率を予測する多重ロジスティック回帰モデル

【数 4】

$$\hat{p}_{ij} = 1 / \left\{ 1 + \exp \left[- \left(\sum_{l=1}^L b_l (x_{il} - x_{jl}) \right) \right] \right\} \quad \dots ()$$

b_l : 回帰係数

x_{il}, x_{jl} : 一対比較する音の心理音響パラメータ値

($i=1,2,3,\dots,n$), ($l=1,2,3,\dots,L$)

より、回帰モデル式の導出時に使用した全サンプルの心理音響パラメータ値の平均値を用い、単独の音の不快確率を予測する式に変換することを特徴とする請求項 1、3 または 5 に記載の画像形成装置。

【請求項 7】 前記条件 (b) を満足するために、高周波成分を低減する高周波成分低減手段を備えたことを特徴とする請求項 1、3 または 5 に記載の画像形成装置。

【請求項 8】 前記高周波成分低減手段は、給紙搬送手段におけるガイド部材と記録紙との摺動音を低減する摺動音低減手段でなることを特徴とする請求項 7 に記載の画像形成装置。

【請求項 9】 前記条件 (b) を満足するために、衝撃音を低減する衝撃音低減手段を備えたことを特徴とする請求項 1、3 または 5 に記載の画像形成装置。

【請求項 10】 前記衝撃音低減手段は、複数の給紙段を有する給紙搬送路それぞれに設けられた電磁クラッチの動作を、使用する給紙段以上の電磁クラッチとするように制御する給紙搬送制御手段でなることを特徴とする請求項 9 に記載の画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複写機やレーザプリンタなどの画像形成装置に関し、より詳細には、動作時に、モータの駆動音や、クラッチ、ソレノイドの作動音、帯電音、および記録紙の給紙搬送音などに起因する騒音レベルの上昇を抑制する画像形成装置

に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近年、環境へのやさしさの観点から、騒音問題への関心が高まってきており、オフィスにおいても O A 機器に対しての騒音問題解決の要望が強くなってきている。そのため、O A 機器の静音化が進められており、以前に比べて静音化が進んでいる。

【 0 0 0 3 】

上述の騒音問題を解決するための技術として、たとえば、特開平 9 - 1 9 3 5 0 6 号公報に開示されているものがある。同公報では、レーザビームプリンタや複写機などの騒音マスキング装置において、動作時に騒音の発生源となる駆動機構に対してこの騒音をマスキングするマスキング音を発生する発音体と、この発音体を制御して騒音の主成分周波数を含む範囲の周波数のマスキング音を発生させるマスキング音制御手段と、を備えることにより、騒音の不快感を低減する技術が開示されている。

【 0 0 0 4 】

しかし、上記特開平 9 - 1 9 3 5 0 6 号公報の技術では、本体から機能上発生している音を低減することなく、この発生音にさらにマスキング音を加えることにより、騒音レベルが上昇し、聞く人によっては、うるさく、不快に感じることもある。また、マスキング音を発生させるための発音体およびマスキングされる音の発生時間の間のみマスキング音を発生させるための制御装置が必要となるため、機械のレイアウト上、余分なスペースを要し、さらに、大幅にコストの上昇を招来させることになる。

【 0 0 0 5 】

現在、O A 機器では、騒音を評価する方法として、一般的に、音響パワーレベル（I S O 7 7 7 9）が用いられている。しかしながら、音響パワーレベルは、複写機やプリンタなどのオフィス機器から発生する音響エネルギーの値であるため、騒音に対する人間の主観的な不快感との相関があまりよくない場合がある。たとえば、音響パワーレベルが同じである音を比較して聞いた場合、不快さに差

があることがあり、また、音響パワーレベルの値は小さくても、非常に不快な音として人に聞こえることもある。

【0006】

したがって、今後のオフィス環境改善のためには、OA機器の音響パワーレベルを低減させるだけでなく、音質の改善を行なっていく必要がある。音質改善のためには、現状把握のための音質の定量的な計測と、改善前後においてどのくらいの改善がなされたかの計測を行なう必要がある。ところが、音質は物理量ではないため、定量的な測定ができない。すなわち、耳で聞いて比較した場合においても、人によって評価が異なる場合がある。また、「音質が少し改善された」や、「かなり改善された」などの定性的な表現しかできない。音の質を物理的特性で定量的に表すことができなければ、音質改善の対策を行なったとしても、その効果を客観的に評価することは不可能である。このため、主観評価実験を行ない、その結果について統計処理を行なって音質の定量化を行なう必要がある。

【0007】

ところで、音質を評価する物理量として、心理音響パラメータというものがある。代表的なものは以下の通りである（たとえば、日本機械学会「第7回設計光学・システム部門講演会“21世紀に向けて設計、システムの革新的飛躍を目指す！”」97年11月10日、11日「音・振動と設計、色と設計（1）」部門第089Bを参照、なお、下記括弧内は単位である）。

- ①ラウドネス（s o n e）：聞こえの大きさ
- ②シャープネス（a c u m）：高周波成分の相対的な分布量
- ③トーンリテイ（t u）：調音性、純音成分の含有量
- ④ラフネス（a s p e r）：音の粗さ感
- ⑤フラクチュエーション・ストレングス（v a c i l）：変動強度、うなり音
- ⑥インパルスブネス（i u）：衝撃性
- ⑦レラティブ・アプローチ：変動感

【0008】

上記心理音響パラメータは、どの心理音響パラメータも値が増すと不快感が増す傾向がある。この中でラウドネスだけがISO532Bで規格化されている。

他の心理音響パラメータについては、基本的な考えは同じであるが、各計測器メーカーによる独自の研究によってプログラムや計算方法が異なるため、メーカーによって測定値が若干異なるのが普通である。これらの心理音響パラメータをすべて低減するように努力すれば、音質を改善することができる。

【0009】

心理音響パラメータのすべてについて対策を講じるには大きな労力が必要である。複写機やプリンタなどのOA機器から発生する騒音は、機構の複雑さから、多くの音色の騒音によって構成されており、たとえば、低周波の重苦しい音、高周波の甲高い音、および衝撃的に発生する音などが、モータ、記録紙、ソレノイドなどの複数の音源から時間的に変化しながら発生する。

【0010】

人間は、これらの音を総合的に判断し、不快か否かの判定を行っているが、どの部分が特に不快と関係があるかの重み付けを行なって判定していると考えられる。つまり、不快に対して影響の大きい心理音響パラメータと、影響の小さい心理音響パラメータとが存在する。しかも、これは機械の音色によって異なる。たとえば、高速で衝撃音の発生回数が多いプリンタでは、衝撃音を最も不快と感じ、低速で比較的静かなデスクトッププリンタでは、衝撃音の発生が少ないので、AC帯電時に発生する帯電音を最も不快と感ずる場合がある。このように、不快に感ずる部分が画像形成装置の出力速度の違いで異なってくる。よって、低速機と高速機では、音質改善を行なう部分が異なる場合がある。このことにより、不快に対して改善効果の大きい心理音響パラメータを探し出し、その心理音響パラメータを改善することによって効率よく音質改善を行なえば試行錯誤を繰り返すことによる労力も少なくなる。

【0011】

したがって、不快に対して改善効果の大きい心理音響パラメータを組み合わせ、心理音響パラメータに重み付けを行なって音質評価式を算出し、この音質評価式を使用して不快に対する主観評価値を算出することにより、客観的な音質の評価が可能になり、音質改善を行なうことができる。さらに、不快に対する主観評価値をどの程度にすると不快感がなくなるかを判定し、その値以下となるような

音質改善を行なった画像形成装置を提供することにより、オフィス内での騒音に関する問題を解決することができる。

【0012】

本出願人（同発明者）は、複写速度（印刷速度）が低速（16～20 ppm）、中速機（27 ppm）、高速機（45～70 ppm）のそれぞれに対する音質評価式を求め（下記参照）、既に出願している。なお、ppmは1分間あたりのA4横サイズの印刷枚数である。

【0013】

すなわち、16～20 ppm機の場合、その不快さを、主観評価実験と重回帰分析によってラウドネス（聞こえの大きさ）とトーンリティ（純音成分の相対的な分布）の式で表した。

$$\begin{aligned} S = & 0.3135 \times (\text{ラウドネス値}) \\ & + 3.4824 \times (\text{トーンリティ値}) \\ & - 3.146 \quad (-1 \leq S \leq 1) \end{aligned}$$

によって得られる不快指数Sが、 $S < -0.6$ を満たす。

【0014】

また、45～75 ppm機の場合、その不快指数Sを、主観評価実験と重回帰分析によってラウドネス2乗とシャープネス（高周波成分の相対的な分布）の式で表した。

$$\begin{aligned} S = & 0.01024269 \times (\text{ラウドネス値})^2 \\ & + 0.30996744 \times (\text{シャープネス値}) \\ & - 2.1386517 \end{aligned}$$

【0015】

また、27 ppm機の場合、その不快指数Sを、主観評価実験と重回帰分析によって音圧レベルとシャープネス（高周波成分の相対的な分布）の式で表した。

$$\begin{aligned} S = & 0.0931 \times (\text{音圧レベル値}) \\ & + 0.5254 \times (\text{シャープネス値}) \\ & - 6.1935 \end{aligned}$$

【0016】

さらに、本発明者の先の出願において導出した音質評価式は、シェッフェの一对比較法による、供試音 A_i と A_j の平均的な不快効果の差 ($A_i - A_j$) を予測するために、心理音響パラメータを説明変数とした定数項がない重回帰式

$$\alpha_i - \alpha_j = 0.2307484 (x_{\text{ラウドネス}i} - x_{\text{ラウドネス}j}) + 0.3720474 (x_{\text{シャープネス}i} - x_{\text{シャープネス}j}) \\ + 4.3095786 (x_{\text{トナーリティ}i} - x_{\text{トナーリティ}j}) + 1.2007391 (x_{\text{インパルスィブネス}i} - x_{\text{インパルスィブネス}j}) \quad \dots (1)$$

を求め、この重回帰式 (1) から供試音 A_i の相対的な評点を求める式に変形したものであった。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、これまでは、上記に示されるように、複写速度（印刷速度）が低速機（16～20 ppm）、中速機（27 ppm）、高速機（45～70 ppm）によって不快に感じる部分が異なるために3種類の音質評価式が存在し、低速機～高速機のすべてを対象とした音質改善を効果的に行なうことができなかった。

【0018】

すなわち、この音質評価式によって算出される音質評価値は、音の主観的な相対比較から算出される音の評点を予測する値であるために単位ではなく、主観評価実験を行なった範囲内で成立する。したがって、音質評価式が異なる場合は、当然のことながら音質評価値が同じであっても不快さは異なる。たとえば、低速層の音質評価式と、中高速の音質評価式で算出された値がいずれも「0」で同値でも、その不快さは同じではない。

【0019】

また、上記重回帰式の導出に使用したデータの不快音の評価は、評価者が A_i が A_j より不快である場合には -1 を評点として与え、反対に A_j が A_i より不快である場合には 1 を評点として与えたために、実験による平均的な不快効果（実測値）は、-1 から 1 までの値しかとることができない。ところが、上記重回帰式 (1) は、線形モデルであるために、計算による不快効果の予測値は、入力

する心理音響パラメータの値によっては、-1より小さい、または1より大きくなる場合があり、図5の楕円に示すように実測値と予測値の取り得る範囲が異なるという不合理な部分が残っていた。

【0020】

また、シェッフエの一対比較法による評価結果は、供試音間の不快さの主観的な距離を求めるものであり、上記重回帰式(1)によって示される相対的な評点は-1～1の範囲をとっているが、単位がない数値のために、たとえば不快さが0.2改善されたとしても、それがどの程度の効果があるものなのか、値を見ただけではわかりにくい、という不具合があった。

【0021】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、低速機から中高速機までの画像形成装置に対する不快音源を、合理的に評価可能とし、かつ理解しやすい値で示した上で、改善することにより、心理的な不快感を緩和することを目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、請求項1にかかる画像形成装置にあっては、画像形成装置の端面から所定距離離れた位置における稼動音から得られる音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルスブネス値、ppm(A4横サイズの1分間の印刷枚数)値を用いた不快確率(a)が、

【数 1】

$$\hat{p}_{i\cdot} = 1 / \{1 + \exp[-z]\} \quad \dots (a)$$

$$z = A \times \text{音圧レベル}_i + B \times \text{ラウドネス}_i + C \times \text{シャープネス}_i + D \times \text{トーンリティ}_i + E \times \text{インパルスィブネス}_i + F$$

(i=1,2,3,...,n)

A, B, C, D, E : 各パラメータに対する回帰係数

F : 切片

$$0.142 \leq A \leq 0.183$$

$$0.300 \leq B \leq 0.389$$

$$1.097 \leq C \leq 1.265$$

$$9.818 \leq D \leq 11.516$$

$$2.588 \leq E \leq 3.240$$

$$-18.844 \leq F \leq -14.968$$

$$\hat{p}_{i\cdot} \leq 0.2725 \text{Ln}(x) - 0.6331 \quad \dots (b)$$

条件 (b) を満たすものである。

【0 0 2 3】

この発明によれば、請求項 1 に示すように、音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルスィブネス値、p p m 値を用いた式 (a) によって算出される不快確率値が、(b) の条件を満たす画像形成装置を提供することにより、低速～高速で稼動する画像形成装置から発せられる音の不快確率を算出することが可能な音質評価式の導出が行なえ、画像形成装置の速度と不快感の許容値の関係を近似化することが可能になる。

【0 0 2 4】

また、請求項 2 にかかる画像形成装置にあつては、前記 A～F の値の範囲は、各係数の推定値に、 $\pm 2 \sigma$ (標準誤差) の範囲を加えたものである。

【0 0 2 5】

この発明によれば、請求項 1 において、A～F の値の範囲に、各係数の推定値に、 $\pm 2 \sigma$ (標準誤差) の範囲を加えることにより、不快さを信頼区間 9 5 % の範囲で示すことが可能になる。

【0 0 2 6】

また、請求項3にかかる画像形成装置にあつては、画像形成装置の端面から所定距離離れた位置における稼動音から得られる音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルス値、p p m (A4横サイズの1分間の印刷枚数) 値を用いた不快確率(c)が、

【数2】

$$\hat{p}_i = 1 / \left\{ 1 + \exp \left[\begin{array}{l} 16.90601 - 0.1625723x_{\text{音圧レベル}} \\ -0.34475769x_{\text{ラウドネス}_i} - 1.18093783x_{\text{シャープネス}_i} \\ -10.6669829x_{\text{トーンリティ}_i} - 2.91380546x_{\text{インパルス}_i} \\ \pm 2\sigma \end{array} \right] \right\} \quad \dots (c)$$

(i=1,2,3,...,n)

σ : 標準誤差

$$\hat{p}_i \leq 0.2725 \ln(x) - 0.6331 \quad \dots (b)$$

条件(b)を満たすものである。

【0027】

この発明によれば、請求項3に示すように、音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルス値、p p m値を用いた式(c)によって算出される不快確率値が、(b)の条件を満たす画像形成装置を提供することにより、低速～高速で稼動する画像形成装置から発せられる音の不快確率を算出することが可能な音質評価式の導出が行なえ、画像形成装置の速度と不快感の許容値の関係を近似化することが可能になる。

【0028】

また、請求項4にかかる画像形成装置にあつては、前記音質評価式(c)の標準誤差 σ は、 $\sigma = 0.839$ である。

【0029】

この発明によれば、請求項3において、式(c)の標準誤差 σ を、 $\sigma = 0.839$ とすることにより、不快さを信頼区間95%の範囲で示すことが可能になる。

【0030】

また、請求項 5 にかかる画像形成装置にあつては、画像形成装置の端面から所定距離離れた位置における稼動音から得られる音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルスィブネス値、p p m (A 4 横サイズの 1 分間の印刷枚数) 値を用いた不快確率 (d) が、

【数 3】

$$\hat{p}_{i*} = 1 / \left\{ 1 + \exp \left[\begin{array}{l} 16.90601 - 0.1625723x_{\text{音圧レベル}} \\ -0.34475769x_{\text{ラウドネス}_i} - 1.18093783x_{\text{シャープネス}_i} \\ -10.6669829x_{\text{トーンリティ}_i} - 2.91380546x_{\text{インパルス}_i} \end{array} \right] \right\} \quad \dots (d)$$

(i=1,2,3,...,n)

$$\hat{P}_{i*} \leq 0.2725 \text{Ln}(x) - 0.6331 \quad \dots (b)$$

条件 (b) を満たすものである。

【0 0 3 1】

この発明によれば、請求項 5 に示すように、音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルスィブネス値、p p m 値を用いた式 (d) によって算出される不快確率値が、(b) の条件を満たす画像形成装置を提供することにより、低速～高速で稼動する画像形成装置から発せられる音の不快確率を算出することが可能な音質評価式の導出が行なえ、画像形成装置の速度と不快感の許容値の関係を近似化することが可能になる。

【0 0 3 2】

また、請求項 6 にかかる画像形成装置にあつては、前記不快確率 (a)、(c)、(d) は、音の一対比較の優劣の確率を予測する多重ロジスティック回帰モデル

【数 4】

$$\hat{p}_{ij} = 1 / \left\{ 1 + \exp \left[- \left(\sum_{l=1}^L b_l (x_{li} - x_{lj}) \right) \right] \right\} \quad \dots (e)$$

b_l : 回帰係数

x_{li}, x_{lj} : 一対比較する音の心理音響パラメータ値

($i=1,2,3,\dots,n$), ($l=1,2,3,\dots,L$)

より、回帰モデル式の導出時に使用した全サンプルの心理音響パラメータ値の平均値を用い、単独の音の不快確率を予測する式に変換するものである。

【0 0 3 3】

この発明によれば、請求項 1、3 または 5 において、不快確率を表す (a)、(b)、(d) が、音の一対比較の優劣の確率を予測する多重ロジスティック回帰モデル (e) より、回帰モデル式の導出時に使用した全サンプルの心理音響パラメータ値の平均値を用い、単独の音の不快確率を予測する式に変換することにより、2 音の優劣の確率ではなく 1 音の不快確率を評価可能な音質評価式の導出が可能になる。

【0 0 3 4】

また、請求項 7 にかかる画像形成装置にあっては、前記条件 (b) を満足するために、高周波成分を低減する高周波成分低減手段を備えたものである。

【0 0 3 5】

この発明によれば、請求項 1、3 または 5 において、条件 (b) を満足するために高周波成分を抑制することにより、心理音響パラメータのシャープネス値とラウドネス値、音圧レベル値が下がる。

【0 0 3 6】

また、請求項 8 にかかる画像形成装置にあっては、前記高周波成分低減手段は、給紙搬送手段におけるガイド部材と記録紙との摺動音を低減する摺動音低減手段でなるものである。

【0 0 3 7】

この発明によれば、請求項 7 において、給紙搬送手段におけるガイド部材と記

録紙との摺動音を低減して、高周波成分の発生を抑制することにより、心理音響パラメータのシャープネス値とラウドネス値、音圧レベル値が下がる。

【0038】

また、請求項9にかかる画像形成装置にあっては、前記条件（b）を満足するために、衝撃音を低減する衝撃音低減手段を備えたものである。

【0039】

この発明によれば、請求項1、3または5において、条件（b）を満足するために衝撃音を抑制することにより、心理音響パラメータのインパルス値とシャープネス値とラウドネス値、音圧レベル値が下がる。

【0040】

また、請求項10にかかる画像形成装置にあっては、前記衝撃音低減手段は、複数の給紙段を有する給紙搬送路それぞれに設けられた電磁クラッチの動作を、使用する給紙段以上の電磁クラッチとするように制御する給紙搬送制御手段であるものである。

【0041】

この発明によれば、請求項9において、使用する給紙段の電磁クラッチのみを動作させて金属衝撃音を低減することにより、心理音響パラメータのインパルス値とシャープネス値とラウドネス値、音圧レベル値が下がる。

【0042】

【発明の実施の形態】

以下、本発明にかかる画像形成装置の好適な実施の形態について添付図面を参照し、（画像形成装置の構成）、（画像形成装置の音質評価式の導出）、（画像形成装置の不快音の低減対策）の順で詳細に説明する。なお、本発明はこの実施の形態に限定されるものではない。

【0043】

（画像形成装置の構成）

図1は、本発明の実施の形態にかかる画像形成装置（卓上型）の構成例を示す説明図である。図において、符号1は像担持体である感光体ドラム、符号2は感光体ドラム1上に形成されたトナー像を記録紙に転写するための転写ローラ、符

号3は感光体ドラム1上にトナー像を形成するためのプロセスカートリッジ、符号4は本体給紙トレイ、符号5はバンク給紙トレイ、符号6は手差しトレイ、符号7は定着ユニット、符号8は感光体ドラム1上に画像を書き込むための書き込みユニット、符号9は排紙トレイ、符号10は給紙ローラ、符号11はレジストローラ、符号12は排紙ローラを示している。

【0044】

図1に示す画像形成装置では、本体給紙トレイ4、バンク給紙トレイ5、手差しトレイ6、給紙ローラ10、レジストローラ11などの給紙搬送系が配設されている、記録紙は、給紙搬送系からプロセスカートリッジ3の作像側を通して画像が転写された後、定着ユニット7、排紙ローラ12を経て排紙トレイ9に排紙される。

【0045】

また、プロセスカートリッジ3の上方には、LDユニット、ポリゴンミラー、f θ レンズ（いずれも不図示）などから構成される書き込みユニット8が配設されている。この他に図示しないが、感光体ドラム1や各ローラの回転駆動を行なうための駆動モータ、ソレノイド、クラッチ（メカクラッチ、電磁クラッチ）を含む駆動伝達系が設けられている。このように構成された画像形成装置では、画像形成時に、上記駆動モータと駆動伝達系の駆動音、ソレノイド・クラッチの動作音、記録紙の給紙搬送音、帯電音などが放射される。

【0046】

図2は、図1におけるプロセスカートリッジ3の構成例を示す説明図である。このプロセスカートリッジ3は、帯電手段としての帯電ローラ21と、現像手段としての現像ローラ22と、クリーニング手段としてのクリーニングブレード23と、トナー24を攪拌し現像ローラ22に送り出すアジテータ25と、攪拌軸26と、現像ブレード27と、を備えている。帯電ローラ21は、芯金部21a、帯電部21bと、から構成される。

【0047】

像担持体としての感光体ドラム1の周りには、帯電ローラ21、現像ローラ22、クリーニングブレード23が所定の条件で配置されている。そして、プロセ

スカートリッジ3内のトナー24は、アジテータ25、攪拌軸26によって攪拌され、現像ローラ22まで運ばれる。現像ローラ22内の磁力によってローラ表面に付着したトナー24は、現像ブレード27を通過するとき、摩擦帯電によってマイナスに帯電する。マイナスに帯電したトナーは、バイアス電圧によって感光体ドラム1に移動し、静電潜像に付着する。

【0048】

レジストローラ11により送られた記録紙が感光体ドラム1と転写ローラ2の間を通過するとき、転写ローラ2からのプラス電荷により、感光体ドラム1上のトナーが記録紙に転写する。感光体ドラム1上に残ったトナーは、クリーニングブレード23によって掻き取られ、クリーニングブレード23の上方にあるタンク内に廃トナーとして回収される。転写ローラ2以外はプロセスカートリッジ3として一体化されており、ユーザが交換できるようになっている。

【0049】

図3は、図2における帯電ローラ21の構成を示す説明図である。図2および図3に示すように、帯電ローラ21は、感光体ドラム1に常に接触しつつ、摩擦力による従動回転を行なって感光体ドラム1の表面を一様に一次帯電する帯電部材である。この帯電ローラ21は、図2に示すように、回転軸となる芯金部21aと、芯金部21aの周りに同心状に形成される帯電部21bと、から構成されている。

【0050】

そして、この帯電ローラ21には、帯電処理を行なうにあたり、高圧電源から電極端子31、帯電ローラ加圧スプリング32、導電性軸受33を介し、その芯金部21aに、直流電圧に交流電圧が重畳されたバイアス電圧が印加され、この帯電ローラ21は、感光体ドラム1を、バイアス電圧の直流成分と同一電圧に一様に帯電させる。バイアス電圧の交流成分は、感光体ドラム1を、帯電ローラ21によってむらなく一様に帯電させる働きをしている。

【0051】

ここで、画像にむらが生じない交流成分の周波数の適正值について説明する。一般的に、1分間当たりのプリント枚数(ppm)が大きくなると、交流成分の

周波数も大きくする必要がある。具体的には、1 分間当たりの印刷枚数が 1 6 p p m 以上を考えた場合、交流成分の周波数の適正值は 1 0 0 H z 以上が望ましい。しかし、これよりも p p m が小さい機械の場合、これほど高い周波数に設定する必要はない。

【 0 0 5 2 】

ところで、帯電ローラ 2 1 によって感光体ドラム 1 を接触帯電させる場合、バイアス電圧の交流成分に起因して、帯電ローラ 2 1 と感光体ドラム 1 の表面間に引力と斥力が交互に作用し、帯電ローラ 2 1 に振動を生じさせる。そして、帯電ローラ 2 1 のこの振動は、帯電ローラ 2 1 自身に周波数の高い耳障りな振動音（帯電音）を生じさせると共に、感光体ドラム 1 側にも伝わり、感光体ドラム 1 を振動させ騒音を発生させる。

【 0 0 5 3 】

一般的に、帯電音は、交流成分の周波数とその整数倍の高調波からなる。交流成分の基本周波数が 1 0 0 0 H z の場合、2 次の高調波 2 0 0 0 H z 、3 次の高調波 3 0 0 0 H z ・ ・ ・ と帯電音が発生することが多いが、次数が高くなるほど音圧レベルが下がっていくことが多い。ところで、画像形成装置から振動が発生する場合、2 0 0 H z 未満の周波数は、画像にバンディングとして現われ、2 0 0 H z 以上の周波数は音としてよく聞こえるようになる。聴覚的に、2 0 0 H z 未満の周波数の音は、耳の感度が悪くなるため、あまり問題になることはない（ラウドネス：聞こえの大きさが小さい）。よって、帯電音に関しても、帯電時の交流成分が 2 0 0 H z 以上となる場合を考慮すればよい。

【 0 0 5 4 】

図 4 は、本発明の実施の形態にかかる画像形成装置（コンソール型）の構成例を示す説明図である。すなわち、床面に設置して使用されるように全高が高く設計され、その全体が上部（A D F（自動原稿搬送装置）1 1 0、スキャナ 1 2 0、書き込みユニット 1 3 0、作像エンジン 1 4 0）1 0 0、下部（バンク給紙ユニット 1 7 0）とから構成されるコンソール型のデジタル複写機を示している。このようなタイプの複写機は一般的に高速機である。なお、画像書き込みから作像のプロセスは先に述べた図 1 の卓上型と原理的に同じである。

【0055】

上部100は、筐体内に光学要素（スキャナ120、書き込みユニット130）を収容した光学ユニットと、その下方に位置する作像エンジン140と、筐体上部に配置するADF110と、を有している。

【0056】

図4において、符号101は静電潜像が形成される像担持体としての感光体ドラム、符号102は帯電チャージャ、符号103は現像ユニット、符号104は転写・分離チャージャ、符号105はクリーニングユニット、符号106は定着ユニット、符号107はレジストローラ、符号111は原稿台、符号112はコンタクトガラス、符号113は露光ランプ、符号114は第1ミラー、符号115は第2ミラー、符号116は第3ミラー、符号117は結像レンズ、符号118はCCD、符号119はミラー、符号190はロック機能付きのキャスターである。

【0057】

すなわち、スキャナ120は、原稿を載置するコンタクトガラス112と走査光学系で構成されている。走査光学系は、露光ランプ113と第1ミラー114を搭載した第1キャリッジと、第2ミラー115と第3ミラー116を保持する第2キャリッジと、結像レンズ117と、CCD118と、を備えている。なお、原稿読み取り時にはステッピングモータにより駆動されて一定の速度で移動する第1キャリッジと、第1キャリッジの1/2の速度で駆動される第2キャリッジと、を備えている。

【0058】

この第1キャリッジ、第2キャリッジによりコンタクトガラス112上の原稿（不図示）が光学的に走査され、そこで得た反射光は、露光ランプ113、第1ミラー114、第2ミラー115、第3ミラー116、結像レンズ117を介してCCD119上に結像され光電変換される。

【0059】

書き込みユニット130は、レーザ出力ユニット、 $f\theta$ レンズ、ミラー（いずれも不図示）などを備えている。レーザ出力ユニットの内部には、レーザ光源で

あるレーザダイオードやポリゴンミラーが備わっている。

【0060】

画像処理部から出力された画像信号は、書き込みユニット130により、この画像信号に対応した強度を有するレーザ光に変換され、コリメートレンズ、アパーチャー、シリンダレンズにより一定形状の光束に整形されてポリゴンミラーに照射され、出力される。書き込みユニット130から出力されたレーザ光は、ミラー119を介して感光体ドラム101に照射される。また、 $f\theta$ レンズを通過したレーザ光は、画像領域外に配置された主走査同期検知信号を発生するビームセンサー（不図示）に照射される。

【0061】

ADF110は、原稿台111にセットされた原稿を1枚ずつコンタクトガラス112へ搬送し、読み取り後に排紙する。すなわち、原稿は原稿台111にセットされ、サイドガイドにより幅方向が揃えられる。原稿台111上の原稿は、一番下の原稿から給紙ローラにより1枚ずつ給紙され、搬送ベルト153により、コンタクトガラス101上に送られる。コンタクトガラス112上の原稿は読み取り終了後、搬送ベルトおよび排紙ローラにより排紙トレイ上に排紙される。

【0062】

バンク給紙ユニット170の、第1トレイ171、第2トレイ172、第3トレイ173、第4トレイ174に積載された記録紙は、それぞれの第1給紙装置175、第2給紙装置176、第3給紙装置177、第4給紙装置178によって給紙され、バンク縦搬送ユニット179、本体縦搬送ユニット180によって搬送される。この記録紙の先端がレジストセンサー（不図示）で検出されると一定時間搬送された後、レジストローラ107のニップ部分で一旦停止し待機する。

【0063】

上記待機した記録紙は、画像有効信号の先端に合わせて感光体ドラム101側に送出され、転写・分離チャージャ104により画像が転写される。さらに感光体ドラム101から記録紙を分離する。このトナー像が形成された記録紙は、搬送装置により搬送され、定着ローラおよび加圧ローラでなる定着ユニット106

により定着され、排紙ローラ 181 によってに排紙される。

【0064】

感光体ドラム 101 への画像形成は、帯電チャージャ 102 によって感光体ドラム 101 上に帯電された電荷をレーザ光を照射することにより静電潜像を形成し、現像ユニット 103 によって感光体ドラム 101 上に画像を形成する。

【0065】

両面ユニット 185 を使用して両面印刷を行なう場合、定着後の記録紙を切り換え爪 128 によって両面搬送路 186 に導き、フィードローラ 132、分離コロ 133 を通過して両面トレイに集積される。トレイに集積された記録紙は、トレイが上昇することによりフィードローラと接触し、フィードローラが回転することにより本体縦搬送ユニット 180 に送られ、レジストローラ 107 へ再給紙された後に裏面に対して印刷が行なわれる。

【0066】

反転排紙を行なう場合には、切り替え爪 167 によって記録紙を反転専用トレイ 164 方向に導き、さらに記録紙の後端が反転検知センサー 168 を通過すると、搬送コロ 169 が逆転し、排紙トレイ方向に導き、あらかじめ設定したトレイに排紙する。

【0067】

(画像形成装置の音質評価式の導出)

本願発明者は、上述した低速機、中速機、高速機の 3 層にわたる画像形成装置の不快感に対して改善効果の大きい心理音響パラメータを組み合わせ用いて表現される不快確率を計算で求め、音質の主観評価値を推測する音質評価式、すなわち、客観的な音質評価式の導出に成功した。また、画像形成装置の速度と不快感の許容値の関係を近似式として提案することができた。さらに、本願発明者は、導出した音質評価式において、不快感を感じさせない条件を提案することに成功した。以下、低速から高速の画像形成装置の騒音の不快確率を算出した音質評価式の導出および不快感を感じさせない条件などについて説明する。

【0068】

さて、シェッフエ (S c h e f f e 's) 法は、評点に加法性が成り立つとす

るモデルなので、これまで出願してきたような音質評価式の導出方法を採用したが、図5の楕円で示す部分の予測値が、1と-1の間から外れている。つまり、現実には取り得ない値を算出してしまうので、若干、不合理な部分が存在することになる。

【0069】

そこで、本発明においては、音質予測モデルに、以下のような多重ロジスティック回帰モデル (multiple logistic regression model) を適用した。

【0070】

【数5】

$$\hat{P}_{ij} = 1 / \left\{ 1 + \exp \left[- \left(\sum_{l=1}^L b_l (x_{il} - x_{jl}) \right) \right] \right\} \quad \dots (2)$$

【0071】

(2) 式は、先に示した重回帰式 (1) を改良したもので、供試音 A_j と A_i との優劣を平均的な差として表わしていたものを、A_j と A_i の優劣の勝敗を確率として予測するものである。

【0072】

【数6】

$$p_{ij} = \frac{\pi_i}{\pi_i + \pi_j}, 1 - p_{ij} = \frac{\pi_j}{\pi_i + \pi_j}$$

【0073】

式 (2) に示すように、一対比較の効果の差を変数としたことにより、式の導出実験に用いる音の全組み合わせの比較実験ではなく、不完備型の一対比較の実験 (全組み合わせでなく、一部の組み合わせ実験) でよい。また、不完備型の一対比較なので、音の比較をしてもらう被験者数が、音の組み合わせによって異なってもよい。また、ロジット変換において、一対比較の効果 (2 音を比較した時の不快さの勝敗確率) が、心理音響パラメータ値の差で推定できるようになった。さらに、式 (2) を変換することにより、2 音の比較ということではなく、評価したい音の心理音響パラメータ値を入力すると、基準値と相対比較した場合の

、音の不快確率が得られる式を導出することができる。

【0074】

ここで、 P_{ij} は試料対 (A_i, A_j) を比較して A_i が不快と感じる確率、反対に $(1 - P_{ij})$ は A_j が不快と感じる確率である。この確率は、 π_i を試料 A_i が不快とされた度数、 π_j は試料 A_j が不快とされた度数、とすれば簡単に計算できるので、式 (1) を導出するために使用したデータをそのまま転用できるというメリットがある。確率 P_{ij} は、二項分布 (binomial distribution) にしたがうことが統計的に知られており、その期待値が心理音響パラメータに影響を受けるという仮定が満たされるとき、式 (2) の乗法モデルを用いることが合理的である。

【0075】

多重ロジスティック回帰モデルは、確率 P_{ij} を予測するモデルであるから、予測される不快確率 (下記数 7) は 0 から 1 の間を取るので、合理的な指標を求めることができる。

【0076】

【数 7】

$$\hat{p}_{ij}$$

【0077】

ここで、ロジット変換とロジスティック回帰分析について簡単に説明する。画像形成装置の発生する不快音の原因の一つにラウドネスがある。話を単純にするために音の不快さの要因はラウドネス値だけに起因するものとする。

【0078】

2つの供試音 (A_1, A_2) について、どちらが不快な音であるかを n 人が比較したときに、ラウドネスに差がなければ、 A_1 が不快である確率と A_2 が不快である確率は、同じ 50% であることが期待される。つぎに、 A_1 に較べて A_2 のラウドネスが 1 だけ大きいとき、 A_2 が不快であると答えた確率が 25% になったとする。ところが、さらに A_1 に較べて A_2 のラウドネスが 2 だけ大きくなると、 A_2 が不快であると答えた確率はさらに 25% 下がり 0% になるとは思えない。ラウドネスの差が 1 だけあると不快の確率が 25% 下がったと考えるより

、確率が半分になったと考え、同様な努力をすることで、 $25 \times (1/2) = 12.5\%$ になると考える方が自然である。このように音質改善効果には、加法性が成立するのではなく、乗法性が成立する。乗法性が成立する場合には、対数 $\ln(p)$ を取ると加法性が成立する。また、歩留りのように 100% の限界に挑戦する場合には、 $-\ln(1-p)$ を取ればよい。この2つを組合せた、下記式 (3) をロジット変換 (logit transformation) と呼ぶ。

【0079】

【数8】

$$z = \ln(p) - \ln(1-p) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) \quad \dots (3)$$

【0080】

【数9】

$$p = \frac{\exp(z)}{1 + \exp(z)} = \frac{1}{1 + \exp(-z)} \quad \dots (4)$$

【0081】

式 (3) の逆変換は、式 (4) で与えられる。このことは、0 から 1 までの確率 p に S 字型曲線 (シグモイド関数) をあてはめたとき、その曲線をロジスティック分布 (logistic distribution) の累積分布関数で近似していることになる。

【0082】

図6のグラフは、確率 p に対するロジット変換の効果を示したものである。ロジット変換により線形性が成り立つことが分かる。したがって、 z を目的変数として、通常の回帰分析を適用して z を推定し、式 (4) の逆変換により p の推定を求めることができる。このように、不良率や割合である p を目的変数とする予測では、 $p = r/n$ をロジット変換し、それを目的変数として回帰分析 (regression analysis) するとよい。これをロジスティック回帰分析という。ただし、 r が 0 と n のときは、 z を求めることができない ($0 \rightarrow -\infty$, $n \rightarrow \infty$) ので、下記式 (5) とする。この変換を経験ロジットと呼ぶ。

【0083】

【数 10】

$$z = \ln \frac{r+1/2}{n-r+1/2} \quad \dots (5)$$

【0084】

この変換のままだと、 n の大きいサンプルも n の小さいサンプルも同等に扱っているのですが、 n の大きさに対応した重みを加える必要がある。さらに、残差分散が率によって異なる。特に p が0や1の近傍ではロジット z の分散が大きくなり不都合である。これらの点を考慮したのが、本来のロジスティック回帰分析である。

【0085】

ここで、本発明の音質評価式の算出方法を述べる。幾つかの供試音 A_i ($i = 1, 2, \dots, L, \dots, a$)を用意して、一対比較する供試音対(A_i, A_j)を作成する。本方法では、音刺激 a 個についての全組合せの刺激対について、順序効果を考慮した $a \times (a-1)$ 回の一対比較法(method of paired comparison)による実験を行なうことが望ましいが、実験回数を減らすために心理音響パラメータ値から、重要な供試音対についてのみの不完備型の一対比較実験を行なうことも可能である。本音質評価式の導出では、不完備型の一対比較実験データを使用している。

【0086】

また、本音質評価式の導出では、一対比較による評価は、 A_i と A_j を比較してどちらが不快であるか選択するという簡単なものであり、原則として同程度を許さないことにする。ただし、シェッフェの方法とその改良法(芳賀変法, 浦変法, 中屋変法)については、累積ロジスティック回帰モデルを使用して、また、ブラドレー・テリー法では本音質評価式を使用して、あらゆる一対比較法のデータについても適用が可能である。

【0087】

以下に音質評価実験の概略と、音質評価式の導出の流れを示す。

1. 画像形成装置の速度領域各々での実験

(1) 画像形成装置稼動音のダミーヘッドによる録音

(2) 上記稼動音の加工、加工音を複数作成（供試音の作成）

(3) 作成した供試音の心理音響パラメータの測定

(4) 供試音による一対比較法実験

2. ロジスティック回帰分析

【0088】

この実施の形態では、低速層、中速層、高速層の3つ画像形成装置について、それぞれ実験を行なった。

【0089】

(1) 画像形成装置稼動音のダミーヘッドによる録音

画像形成装置の前面の稼動音をヘッドアコースティクス社製ダミーヘッドHMS (Head Measurement System) IIIで音を採取し、ハードディスクにバイノーラル（両耳覚）録音を行なった。

【0090】

バイノーラル（両耳覚）録音し、専用ヘッドホンで再生することにより、実際に人間が機械の音を聞いた感覚で再現できる。測定条件は以下の通りである。

- ①録音環境 : 半無響室
- ②ダミーヘッドの耳の位置: 高さ1.2 m, 機器端面からの水平距離: 1 m
- ③録音モード : FF（フリー・フィールド→無響室用）
- ④4 HPフィルター : 22 Hz

【0091】

(2) 稼動音の加工、加工音を複数作成（供試音の作成）

画像形成装置の稼動音をヘッドアコースティクス社製音質解析ソフトArtemis (アルテミス) によって音の加工を行なった。音の加工方法は、録音した稼動音から、画像形成装置の主要音源の部分を周波数軸上または時間軸上で減衰、または強調を行なう。主要な音源とは、金属衝撃音、紙衝撃音、紙摺動音、モータ駆動系音、AC帯電音などである。

【0092】

この主要な音源は画像形成装置の構成によって異なる。たとえば、DC帯電方式を採用している画像形成装置は、帯電音の発生がない。1機種について各音源

とも3水準（強調・原音のまま・減衰）音圧レベルを振り、音源の水準が異なる組み合わせをL9の直交表に基づいて9音作成した。総当りの比較実験をする必要があるので、9音だと72通りの比較実験を行なうことになる。

【0093】

（3）作成した供試音の心理音響パラメータの測定

画像形成装置の原音および加工した音について、ヘッドアコースティック社製音質解析ソフトArtemisによって心理音響パラメータを求めた。

【0094】

（4）供試音による一対比較法実験→各供試音対の不快確率算出

供試音を評価してもらう被験者を集め、供試音を一対比較してどちらが不快かを判定してもらった。実験は、速度層ごとの3機種について行なった $72 \times 3 = 216$ のデータと、予備実験や各速度層の音の混合実験を行った166データの合計382データについて実施した。

【0095】

2. ロジスティック回帰分析

以下に、解析データの作成方法を示す。一対比較実験が終わり、また心理音響特性の測定も終わり、データが得られたならば、ロジスティック回帰分析が行えるようにデータを整理する。表1は低速層の供試音による実験から4つ供試音の一対比較実験を取り出した例である。表1の1列は、どちらの供試音を先に聞かせたを示すものであり、先に聞かせた供試音を記号Iで、後で聞かせた供試音を記号Jで表している。

【0096】

【表 1】

提供順	A1				A2				A3				A4				I-J (IとJの差)				Iが不快 の度数	Jが不快 の度数	評価者 総数
I J	x1	x2	x3	x4	x1	x2	x3	x4	x1	x2	x3	x4	x1	x2	x3	x4	x1	x2	x3	x4			
A1 A2	7.5	2.3	0.1	0.6	8.8	2.3	0.2	0.6	—	—	—	—	—	—	—	—	-1.25	0	-0.082	0.003	0	31	31
A2 A1	7.5	2.3	0.1	0.6	8.8	2.3	0.2	0.6	—	—	—	—	—	—	—	—	1.25	0	0.082	-0.003	31	0	31
A1 A3	7.5	2.3	0.1	0.6	—	—	—	—	6.6	2.2	0.1	0.4	—	—	—	—	0.95	0.05	0.0399	0.237	27	4	31
A3 A1	7.5	2.3	0.1	0.6	—	—	—	—	6.6	2.2	0.1	0.4	—	—	—	—	-0.95	-0.05	-0.0399	-0.237	1	30	31
A1 A4	7.5	2.3	0.1	0.6	—	—	—	—	—	—	—	—	8.8	2.2	0.1	0.7	-1.3	0.1	-0.0207	-0.05	3	28	31
A4 A1	7.5	2.3	0.1	0.6	—	—	—	—	—	—	—	—	8.8	2.2	0.1	0.7	1.3	-0.1	0.0207	0.05	27	4	31
A2 A3	—	—	—	—	8.8	2.3	0.2	0.6	6.6	2.2	0.1	0.4	—	—	—	—	2.2	0.05	0.1223	0.234	30	1	31
A3 A2	—	—	—	—	8.8	2.3	0.2	0.6	6.6	2.2	0.1	0.4	—	—	—	—	-2.2	-0.05	-0.1223	-0.234	0	31	31
A2 A4	—	—	—	—	8.8	2.3	0.2	0.6	—	—	—	—	8.8	2.2	0.1	0.7	-0.05	0.1	0.0617	-0.054	19	12	31
A4 A2	—	—	—	—	8.8	2.3	0.2	0.6	—	—	—	—	8.8	2.2	0.1	0.7	0.05	-0.1	-0.0617	0.054	12	19	31
A3 A4	—	—	—	—	—	—	—	—	6.6	2.2	0.1	0.4	—	—	—	—	-2.25	0.05	-0.0606	-0.288	0	31	31
A4 A3	—	—	—	—	—	—	—	—	6.6	2.2	0.1	0.4	—	—	—	—	2.25	-0.05	0.0606	0.288	30	1	31

【0097】

次のA1からA4までのブロックの列は、各供試音の心理音響パラメータ値である（簡単のために、X1～X4で表示している。X1がラウドネス、X2がシャープネス、X3がトーンリティ、X4がインパルスィブネスである）。また、表1の“－”の意味を説明する。たとえば、A1とA2を一対比較する場合には、評価者はA3、A4を評価していないので、その部分の影響はないためにこれを“－”で表している。

【0098】

次のブロックは、一対比較した供試音の心理音響特性の差である。正確には、評価者は、先に提示された供試音を元にして、後で提示された供試音との比較をして、どちらがより不快音であるかを決めているので、J－Iとするのが自然であるが、最終的には心理音響パラメータの差の正負に意味はもたないので、表1では、I－Jとしている。次の3列は、それぞれ、IがJに較べて不快である評価した人の度数、JがIに較べて不快であると評価した度数、評価した人の総数である。音質評価式を導出するときに、順序効果の影響を調べたいならば、提示順を質的変数として（0，1の2値データとして）モデルに組み込めばよい。

【0099】

つぎに、音質評価モデルの考え方を示す。人間は1つ供試音の提示を受けて、いきなり評点をつけることは困難であるが、2つの供試音を比較してどちらが良いかを判断することは、比較的簡単である。いま、供試音の不快さはラウドネスだけに起因するという簡単な例で説明する。

【0100】

ここで、供試音の不快さを、それぞれP1，P2，L，Paとする。また、一対比較した確率Pijと、Pi，Pjには、

$$P_{ij} = P_i / (P_i + P_j) \quad \dots (6)$$

の関係を仮定する。また、式(6)の関係をを用いると式(7)とかける。式(7)の両辺に対数を取ると、左辺はロジット変換に他ならない。

【0101】

【数 1 1】

$$\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}} = \frac{p_{ij}}{p_{ji}} = \frac{p_i / (p_i + p_j)}{p_j / (p_i + p_j)} = \frac{p_i}{p_j} \quad \dots (7)$$

【0 1 0 2】

【数 1 2】

$$\ln \left(\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}} \right) = \ln p_i - \ln p_j = \alpha_i - \alpha_j = \delta_{ij} \quad \dots (8)$$

【0 1 0 3】

さらに、効果 α_i が、ラウドネスに影響されると仮定すれば、

$$\alpha_i = \mu + b x_{\text{ラウドネス}_i} \quad \dots (9)$$

である。なお、 μ は絶対的な平均位置であり、これが不明なので相対的に一対比較を行なって μ をキャンセルするのが一対比較法である。

【0 1 0 4】

よって、式 (8) はラウドネスの対数線形効果を b として、ラウドネスを使ってあらわすと、式 (10) とかける。

【0 1 0 5】

【数 1 3】

$$\ln \left(\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}} \right) = (\mu + b x_{\text{ラウドネス}_i}) - (\mu + b x_{\text{ラウドネス}_j}) = b (x_{\text{ラウドネス}_i} - x_{\text{ラウドネス}_j}) \quad \dots (10)$$

【0 1 0 6】

以上から、効果 α_i に影響を与える心理音響特性が複数ある場合には、ラウドネスだけでなく複数のパラメータを加算した式 (2) のモデルでよいことがわかる。

【0 1 0 7】

ここで音質評価式の導出を行なった。前述したモデルにより表 1 のようなデータを解析する。供試音の心理音響パラメータ値は、表 2 に示したもので、低速層

、中速層、高速層、予備実験、混合実験を含めた全領域である。

【0108】

【表2】

供試音	ラウドネス (sone)	シャープネス (acum)	トーンリティ (tu)	インハーマルシフネス (iu)	音圧レベル dB(A)
低速21ppm機 1	7.5	2.3	0.12	0.61	52.8
低速21ppm機 2	8.8	2.3	0.20	0.61	56.5
低速21ppm機 3	6.6	2.2	0.08	0.37	49.6
低速21ppm機 4	8.8	2.2	0.14	0.66	55.9
低速21ppm機 5	8.6	1.4	0.22	0.29	54.2
低速21ppm機 6	8.2	2.2	0.10	0.68	54.2
低速21ppm機 7	6.8	2.4	0.11	0.43	51.8
低速21ppm機 8	7.5	2.3	0.21	0.48	54.0
低速21ppm機 9	7.0	2.4	0.07	0.76	53.6
中速27ppm機 1	6.9	2.4	0.05	0.40	51.0
中速27ppm機 2	9.0	2.9	0.06	0.40	56.3
中速27ppm機 3	4.8	2.1	0.04	0.48	47.1
中速27ppm機 4	7.9	3.1	0.04	0.45	54.6
中速27ppm機 5	6.9	1.8	0.05	0.43	55.7
中速27ppm機 6	7.6	2.3	0.07	0.42	57.7
中速27ppm機 7	5.7	1.8	0.08	0.42	49.2
中速27ppm機 8	6.3	2.8	0.04	0.48	52.1
中速27ppm機 9	6.8	3.2	0.05	0.42	50.1
高速65ppm機 1	7.6	2.1	0.03	0.50	51.3
高速65ppm機 2	11.9	2.4	0.08	0.49	59.1
高速65ppm機 3	10.7	2.1	0.05	0.51	57.2
高速65ppm機 4	12.0	2.7	0.06	0.47	59.2
高速65ppm機 5	10.0	2.4	0.04	0.48	55.3
高速65ppm機 6	11.0	1.9	0.08	0.50	58.9
高速65ppm機 7	12.3	2.3	0.06	0.52	60.3
高速65ppm機 8	11.5	2.1	0.05	0.54	60.3
高速65ppm機 9	10.8	3.1	0.03	0.57	58.2
ブレ実験 1	8.7	2.2	0.03	0.47	53.3
ブレ実験 2	10.4	2.8	0.03	0.52	56.4
ブレ実験 3	9.0	2.9	0.06	0.40	56.3
ブレ実験 4	7.6	2.3	0.07	0.42	57.7
ブレ実験 5	6.9	2.4	0.05	0.40	51.0
ブレ実験 6	6.3	2.8	0.04	0.48	52.1
ブレ実験 7	7.0	2.4	0.07	0.76	53.6
ブレ実験 8	7.4	2.3	0.17	0.55	52.3
3機種混合実験 1	10.4	2.4	0.15	0.43	56.8
3機種混合実験 2	10.4	1.9	0.11	0.46	57.4
3機種混合実験 3	10.4	3.0	0.05	0.47	55.9
3機種混合実験 4	8.8	1.9	0.15	0.41	58.1
3機種混合実験 5	8.7	3.0	0.09	0.39	54.6
3機種混合実験 6	8.7	2.5	0.05	0.40	54.3
3機種混合実験 7	7.0	2.9	0.16	0.57	51.9
3機種混合実験 8	7.0	2.3	0.10	0.64	51.6
3機種混合実験 9	7.0	1.9	0.06	0.71	52.8
全体平均値	8.4	2.4	0.08	0.50	54.6
低速機平均	7.7	2.2	0.14	0.54	53.6
中速機平均	6.9	2.5	0.05	0.43	52.6
高速機平均	10.8	2.3	0.05	0.51	57.7
ブレ実験平均	7.9	2.5	0.07	0.50	54.1
混合実験平均	8.7	2.4	0.10	0.50	54.8

【0109】

解析では順序効果や心理音響特性間の交互作用(interaction effect)なども検討した。その結果、不快さを予測する心理音響パラメータとしてラウドネス、シャープネス、トーンリティ、インパルスィブネスが最適であった。表3に示すように順序効果が高度に有意(significant)であるが、そのカイ2乗(chi-square)は、各心理音響特性のカイ2乗に較べて十分小さいので無視し、モデルとして各心理音響パラメータの係数の推定値の平均値を用いて式(11)を採択した。このときのモデルの評価は表3のとおりであり、高度に有意なモデルである。

【0110】

【数14】

$$\hat{p}_{ij} = 1 / \left\{ 1 + \exp \left[\begin{array}{l} -0.650842(x_{\text{ラウドネス } i} - x_{\text{ラウドネス } j}) - 1.022138(x_{\text{シャープネス } i} - x_{\text{シャープネス } j}) \\ -12.08128(x_{\text{トーンリティ } i} - x_{\text{トーンリティ } j}) - 3.595879(x_{\text{インパルス } i} - x_{\text{インパルス } j}) \end{array} \right] \right\}$$

... (11)

【0111】

【表 3】

①パラメータ推定値（順序効果をモデルに含む場合）

項	推定値	標準誤差	カイ2乗	p値(Prob>ChiSq)
順序効果	-0.2202396	0.0227929	93.37	<.0001
ラウドネス	0.68771362	0.0153519	2006.7	0.0000
シャープネス	0.95786214	0.0404748	560.06	<.0001
トナリティ	11.4771535	0.4268121	723.09	<.0001
インパルス	3.16025754	0.1643337	369.82	<.0001

②パラメータ推定値（順序効果をモデルに含まない場合）

項	推定値	標準誤差	カイ2乗	p値(Prob>ChiSq)
ラウドネス	0.65084237	0.0145633	1997.3	0.0000
シャープネス	1.0221383	0.0401316	648.70	<.0001
トナリティ	12.0812836	0.4230594	815.50	<.0001
インパルス	3.59587946	0.1595061	508.22	<.0001

【0112】

式（11）は一対比較の優劣の確率を予測するモデルである。これから、ラウドネス、シャープネス、トナリティ、インパルス性の全体平均値を式（11）に入力し、その時の不快確率を $P = 0.5$ とし、切片を求めた。すなわち、
 $0.5 = 1 / \{ 1 + \exp(-[0.650842(\text{ラウドネス値}i - 8.4) + 1.022138(\text{シャープネス値}i - 2.4) + 12.08128(\text{トナリティ値}i - 0.08) + 3.595879(\text{インパルス性値}i - 0.50)) \}$

[] の中身を z とすると、

$$0.5 = 1 / \{ 1 + \exp(-z) \}$$

$$0.5 \times \{ 1 + \exp(-z) \} = 1$$

$$0.5 \times \exp(-z) = 0.5$$

$$\exp(-z) = 1$$

両辺に \ln をとり、

$$\ln \{ \exp(-z) \} = \ln 1 = 0$$

$$-z = 0$$

$$z = 0$$

【0113】

すなわち、

$$z = [0.650842 (\text{ラウドネス値 } i - 8.4) + 1.022138 (\text{シャープネス値 } i - 2.4) + 12.08128 (\text{トーンリティ値 } i - 0.08 + 3.595879 (\text{インパルス値 } i - 0.50))]]$$

$$= 0.650842 \times \text{ラウドネス値 } i + 1.022138 \text{ シャープネス値 } i + 12.08128 \times \text{トーンリティ値 } i + 3.595879 \times \text{インパルス値 } i - 10.6846459$$

となり、単独の供試音に対して不快に感じる確率を予測するモデル式 (12) に変換できる。

【0114】

【数15】

$$\hat{p}_i = 1 / \left\{ 1 + \exp \left[\begin{array}{l} 10.68465 - 0.650842x_{\text{ラウドネス } i} - 1.022138x_{\text{シャープネス } i} \\ -12.08128x_{\text{トーンリティ } i} - 3.595879x_{\text{インパルス } i} \end{array} \right] \right\} \quad \dots (12)$$

【0115】

今回は、データの平均値を基準値に使ったが、環境変化により基準値を変更することが可能である。式 (11) は、平均値からのずれによる優劣の確率の変化を推定できる。丁度、平均値を入力した場合の確率は 0.5 として計算している。この確率 (probability) が大きくなるにつれて不快さが増すことになる。これより、不快確率 (数16) がある確率以下になる条件を求めることができる。

【0116】

【数16】

$$\hat{p}_i$$

【0117】

図7は、Iが不快となる実確率と式(11)による予測確率との散布図(scatter diagram)である。この散布図の寄与率は、0.754であるので、式(1)の線形モデルよりもわずかであるが改善された。

【0118】

ところで、図7から、実確率が0や1の場合の推定が好ましくないことが分かる。これは、初めから明らかに差が大きいと分かっている音を比較した場合(二つの音を比較して、全員が一方の音を不快であると判定した場合)に起きる問題で、実際の差の大きさがスケールオーバーして計測不可能であったと考えられる。よって、この個体を解析から除外し、再び多重ロジスティック回帰分析を行ない、効果の大きい物理量を検討したところ、以下の結果が得られた。

【0119】

今回は、他の変数との相関が大きい音圧レベルを変数に含むモデルとなった。式(12)と同様に各パラメータの全体平均値を入力して切片を求め、単独の供試音に対して不快に感じる確率を予測するモデル式(13)を導出した。

【0120】

【表 4】

モデル全体の検定

モデル	(-1)*対数尤度	自由度	カイ2乗	p値(Prob>ChiSq)
差	2115.5942	5	4231.188	0.0000
完全	7064.7228			
縮小	9180.3170			

パラメータ推定値（順序効果をモデルに含めない場合）

項	推定値	標準誤差	カイ2乗	p値(Prob>ChiSq)
音圧レベル	0.1625723	0.0103554	246.47	<.0001
ラウドネス	0.34475769	0.0223152	238.68	<.0001
シャープネス	118093783	0.0421096	786.49	<.0001
トナリティ	10.6669829	0.4247097	630.81	<.0001
インパルス	2.91380546	0.1628838	320.01	<.0001

【0 1 2 1】

【数 1 7】

$$\hat{p}_{i,j} = 1 / \left\{ 1 + \exp \left[\begin{array}{l} 16.90601 - 0.1625723x_{\text{音圧レベル}} \\ -0.34475769x_{\text{ラウドネス}_i} - 1.18093783x_{\text{シャープネス}_i} \\ -10.6669829x_{\text{トナリティ}_i} - 2.91380546x_{\text{インパルス}_i} \end{array} \right] \right\} \quad \dots (13)$$

【0 1 2 2】

図 2 5 は、I が不快となる実確率と式 (1 3) による予測確率との散布図である。この散布図の寄与率と誤差の標準偏差を求めたところ、寄与率 0. 8 0，誤差の標準偏差 0. 8 3 9 であった。よって、式 (1) の線形モデルよりも改善された。なお、図 2 5 の楕円は 9 5 % の確率楕円である。4 つのポイントが 9 5 % の確率楕円から外れているが、問題ないレベルとみなせる。

【0 1 2 3】

式 (1 3) に基づいて、供試音単独の不快感モデルの散布図を作成する。ここでは、速度層、あるいは実験ごとに分けて予測確率と実測値との比較を行なう。実

測値は一対比較法実験での比較対象を区別しないで、各供試音の不快感数の和を全体の評価数で割った値を用いる。たとえば低速機実験では、31人で実験を行った。

【0 1 2 4】

また、各供試音については、9音のうちの他の8音と比較を行なうので、8回(比較対象)×2(順序)×31=496人が分母になる。供試音1については、供試音2, 3, ..., 9と一対比較して、供試音1を不快と判断した人の度数は、0, 5, 7, 7, 1, 9, ..., であるので、その和221が分子になる。また、9つの供試音の確率Pの平均値は0.5になるから、低速機を用いた実験での物理量の平均値を使って(13)式より、予測確率を算出する。こうして表5を得る。

【0 1 2 5】

【表 5】

	音圧レベル	ラウドネス	シャープネス	トーンバリエーション	インパルスレス	ロケット	予測確率	実確率	反応	総頻度
供試音1	52.8	7.5	2.3	0.12	0.61	-0.12149	0.46966	0.44556	221	496
供試音2	56.5	8.8	2.3	0.20	0.61	1.77343	0.85488	0.89113	442	496
供試音3	49.6	6.6	2.2	0.08	0.37	-2.14505	0.10479	0.05242	26	496
供試音4	55.9	8.8	2.2	0.14	0.66	1.08065	0.74662	0.81653	405	496
供試音5	54.2	8.6	1.4	0.22	0.29	-0.41316	0.39816	0.66532	330	496
供試音6	54.2	8.2	2.2	0.10	0.68	0.22238	0.55537	0.49798	247	496
供試音7	51.8	6.8	2.4	0.11	0.43	-0.98843	0.27122	0.29839	148	496
供試音8	54.0	7.5	2.3	0.21	0.48	0.71374	0.67123	0.53427	265	496
供試音9	53.6	7.0	2.4	0.07	0.76	-0.12208	0.46952	0.29839	148	496
低速機平均値	53.6	7.7	2.2	0.14	0.54				2232	4464

【0 1 2 6】

同様な計算を他の実験でも行ない、予測確率と実測確率との散布図を作ると、図 2 6 が得られる。図 2 6 の左側のグラフは実験ごとに分けて散布図を描いたものである。混合実験以外のあてはまりは、かなりよいことが分かる。また、図の

右側で、各実験を統合したモデルの寄与率は、0.85となる。これは不快さが、音圧レベル、ラウドネス、シャープネス、トーンリティ、インパルシブネスによって85%寄与していることを示す。また、式の傾きもほぼ1であり、予測確率=実測確率として扱うことができる。これより、基準値を50%としたときの不快度%を推定することができるようになった。

【0127】

また、式の形から、不快感を低減させるためには

- ①聞こえの大きさを小さくする。
- ②高周波成分を少なくする
- ③純音成分を少なくする
- ④衝撃音を少なくする
- ⑤音響エネルギーを下げる

の5つを実施すればよいことになる。

【0128】

なお、各パラメータの回帰係数の推定値は、表4のように、標準誤差 (standard error) σ をとる。回帰係数 (regression coefficient) の推定値 $\pm 2\sigma$ が95%の信頼区間 (confidence interval) である。よって、式(13)の95%の信頼区間を含んだ形にした方がよい。こちらでも小数点以下3桁で丸めると、以下のようになる。

【0129】

切片の範囲はそれぞれの回帰係数の95%信頼区間を代入して算出した結果である。これを用いたのが式(14)である。

- 0.142 ≤ 音圧レベルの回帰係数 ≤ 0.183
- 0.300 ≤ ラウドネスの回帰係数 ≤ 0.389
- 1.097 ≤ シャープネスの偏回帰係数 ≤ 1.265
- 9.818 ≤ トーンリティの偏回帰係数 ≤ 11.516
- 2.588 ≤ インパルシブネスの偏回帰係数 ≤ 3.240
- 18.844 ≤ 切片 ≤ -14.968

【0130】

【数 1 8】

$$\hat{p}_{i.} = 1 / \{1 + \exp[-z]\} \quad \dots (14)$$

$z = A \times \text{音圧レベル}_i + B \times \text{ラウドネス}_i + C \times \text{シャープネス}_i + D \times \text{トーンリテ}_i + E \times \text{インパルス}$
 $\text{ネス}_i + F$

$$0.142 \leq A \leq 0.183$$

$$0.300 \leq B \leq 0.389$$

$$1.097 \leq C \leq 1.265$$

$$9.818 \leq D \leq 11.516$$

$$2.588 \leq E \leq 3.240$$

$$-18.844 \leq F \leq -14.968$$

【0 1 3 1】

また、回帰係数の推定値を表 4 の推定値 (e s t i m a t o r) に固定した場合、下記式 (1 5) で表される。

【0 1 3 2】

【数 1 9】

$$\hat{p}_{i.} = 1 / \left\{ 1 + \exp \left[\begin{array}{l} 16.90601 - 0.1625723x_{\text{音圧レベル}} \\ -0.34475769x_{\text{ラウドネス}_i} - 1.18093783x_{\text{シャープネス}_i} \\ -10.6669829x_{\text{トーンリテ}_i} - 2.91380546x_{\text{インパルス}_i} \\ \pm 2\sigma \end{array} \right] \right\} \quad \dots (15)$$

【0 1 3 3】

z に図 2 5 の散布図における $\pm 2 \sigma$ ($\sigma = 0.839$) を加えたものが、信頼区間 9 5 % の範囲を示すことができる。 σ は不快さにおける、誤差の標準偏差である。

【0 1 3 4】

ところで、画像形成装置の不快な音について、その改善効果は速度層ごとに見る必要がある。今回導出した音質評価式は低速～高速機まで広範囲の速度の音を用いて導出している。比較的高速で音圧レベルやラウドネス値が大きい機械は、音圧レベルやラウドネス値が小さい低速機よりも明らかに不快である。

【0 1 3 5】

よって、この式の中で不快さの許容値を求めると、高速機は全て NG になってしまう。低速機でも音圧レベルの高い機械もあるので、画像形成速度と音圧レベ

ル、ラウドネスは必ずしも正比例しない場合もあるが、本発明では画像形成速度と不快確率の関係を求め、画像形成装置の不快確率を一定値以下にすることにより、不快に感じる確率が低い画像形成装置を提供することができる。

【0136】

そのため、各速度層の実験ごとにパラメータ値の平均値（表2の速度層ごとの平均値）を使用して、切片を求める必要がある。つまり全データを使用して導出した式（13）において、各速度層ごとのパラメータ平均値を入力した時の確率 P を 0.5 とおいて各々の切片を算出する。つぎに、全体平均の切片とそれぞれの速度層の切片との差を求める。

【0137】

不快さを許容できる確率 P を 0.3（現状より不快に感じる確率が 20% 減）とすると、式（14）における不快確率（数16）= 0.3 のときの z に、それぞれの切片の差を補正し、不快確率（数16）に戻してやるとそれぞれの層における $P = 0.3$ が、式（14）上で不快確率（数16）がいくつになるかを算出することができる。全体平均を用いた式（14）では、高速機ほど確率 P が小さくなければ許容値が小さくなり、速度が遅くなると許容値が大きくなる傾向がある。上記の計算結果を表6、表7にまとめた。

【0138】

【数16】

$$\hat{p}_i$$

【0139】

【表 6】

項		全体	高速層	中速層	低速層
	係数推定値	ハ°ラメータ平均値	ハ°ラメータ平均値	ハ°ラメータ平均値	ハ°ラメータ平均値
音圧レベル	0.1625723	54.6	57.7	52.6	53.6
ラウドネス	0.34475769	8.4	10.8	6.9	7.7
シャープネス	1.18093783	2.4	2.3	2.5	2.2
トーナリティ	10.6669829	0.08	0.05	0.05	0.14
インパルス	2.91380546	0.50	0.51	0.43	0.54
切片	—	-16.906	-17.910	-15.662	-16.987
切片の全体平均との差	—	—	-1.004	1.244	-0.081

【0140】

【表 7】

	画像形成速度	\hat{P}_i	z
全体	—	0.3	-0.847
高速	65	0.54	0.157
中速	27	0.11	-2.091
低速	21	0.32	-0.766

【0 1 4 1】

図 8 は、画像形成速度と許容確率の散布図から、近似曲線を求めたものである。近似式は式 (16) で表される。つまり、確率 P が式 (16) 以下であれば、不快に感じる確率が小さい音になる。

【0 1 4 2】

【数 19】

$$\hat{p}_i = 1 / \left\{ 1 + \exp \left[\begin{array}{l} 16.90601 - 0.1625723x_{\text{音圧レベル}} \\ -0.34475769x_{\text{ラウドネス}_i} - 1.18093783x_{\text{シャープネス}_i} \\ -10.6669829x_{\text{トナリティ}_i} - 2.91380546x_{\text{インパルス}_i} \\ \pm 2\sigma \end{array} \right] \right\} \quad \dots (15)$$

【0 1 4 3】

【数 20】

$$\hat{P}_i = 0.2725 \ln(x) - 0.6331 \quad \dots (16)$$

【数 21】

$$\hat{P}_i \leq 0.2725 \ln(x) - 0.6331 \quad \dots (17)$$

【0 1 4 4】

(画像形成装置の不快音の低減例)

ところで、不快な音源は、前述した音質評価式より、音圧レベル、ラウドネス、シャープネス、トナリティ、インパルスと相関の高いものである。ここで、各心理音響パラメータと相関が高い画像形成装置の音源は以下の通りであ

る。

- ①シャープネス：記録紙の摺動音
- ②トーンリティ：AC帯電音
- ③インパルシブネス：金属衝撃音
- ④音圧レベル・ラウドネス：音響エネルギー、いろいろな音源の聞こえの大きさである。

よって、それぞれの音源について以下に説明する[帯電音の低減]、[紙摺動音の低減]、[金属衝撃音の低減]のように対策を行なった。

【0145】

[帯電音の低減]

図9は、画像形成装置の騒音の周波数分析結果を示すグラフである。なお、このグラフは周波数の分布を調べるのが主目的であるので、各周波数の音圧レベルの相対的な比較は意味があるが、音圧レベルの絶対値は正確な校正を行っていないため意味がない。1kHz、2kHz、3kHzの急峻なピークは帯電音と呼ばれるものである。図9から明らかなように、帯電音は周囲の他の周波数に比べて10(dB)以上音圧レベルが高い。全体から見ればエネルギー的には微量であるが、このようにレベルの高い純音成分は他の音にマスキングされることなく不快な音としてはっきり聞こえる。このような音はトーンリティ値が高い。本発明者は、このような帯電音を減衰させる方法として、以下に述べるような構成例によって実現した。

【0146】

(帯電音の低減例1)

この帯電音の低減例1では、図1に示した画像形成装置において、像担持体である感光体ドラム1内に剛性の高い円筒部材を圧入することにより、感光体ドラム1内の固有振動数を、帯電ローラ21の交流バイアスの周波数 f に自然数を乗じた周波数とは異なる値にして帯電音を低減する。

【0147】

帯電ローラ21と感光体ドラム1との間で発生する振動の周波数が、感光体ドラム1自身の固有振動数 f_d に自然数を乗じた周波数と一致、または近傍にある

場合、感光体ドラム 1 は共振を起こし、帯電音の音圧レベルが急激に増加する。その結果、不快指数 S が急激に上昇する。そこで、感光体ドラム 1 の固有振動数 f_d を、あらかじめ帯電時の交流バイアスの周波数 f に自然数を乗じた周波数とは異なる周波数に設定することにより、感光体ドラム 1 の共振を防止して帯電音を低減する。たとえば、図 9 に示した例では、1000 Hz に自然数を乗じた周波数と、感光体ドラム 1 の固有振動数 f_d が一致しないようにすればよい。

【0148】

図 10 は、感光体ドラム 1 の固有振動数を変更させる構成例 (1) を示す断面図である。図において、感光体ドラム 1 内に、剛性の高い円筒部材 41 が圧入されている。円筒部材 41 を圧入することにより、感光体ドラム 1 の重量と剛性が高められるため、感光体ドラム 1 の固有振動数が変化する。これにより、交流バイアスの周波数 f に自然数を乗じた周波数と感光体ドラム 1 の固有振動数とが一致、または近傍にある場合に、感光体ドラム 1 の固有振動数を変化させることができるため、共振による不快な帯電音の発生を防止することができる。

【0149】

(帯電音の低減例 2)

この帯電音の低減例 2 では、図 1 に示した画像形成装置において、像担持体である感光体ドラム 1 の内部に吸音部材を設けることにより、感光体ドラム 1 の固有振動数を、帯電ローラ 21 の交流バイアスの周波数 f に自然数を乗じた周波数とは異なる値として、帯電音を低減する。

【0150】

図 11 は、感光体ドラム 1 の固有振動数を変更させる構成例 (2) を示す断面図である。同図 (A) は吸音部材 42 を圧入した感光体ドラム 1 の構成例を示す断面図、同図 (B) は、吸音部材 42 と感光体ドラム 1 との関係を示す側断面図である。

【0151】

図 11 (B) に示すように、感光体ドラム 1 の内径 $2r$ よりも一回り大きい直径 $2R$ の円柱状の吸音部材 42 を用意する。吸音部材 42 は、発泡ポリウレタン製のものが扱いやすく、たとえば、横浜ゴム (株) 製の吸音材ハマダンパー HU

ー 4 などを使用する。これを弾性変形させて感光体ドラム 1 の内部に挿入する。図 11 (A) は、吸音部材 42 は感光体ドラム 1 に圧入した状態を示している。挿入された吸音部材 42 は、変形前の形に戻ろうとして膨らむため、感光体ドラム 1 から吸音部材 42 を容易に取り出すことが可能である。これにより、感光体ドラム 1 から発生する帯電音を吸音することができる。

【0152】

(帯電音の低減例 3)

この帯電音の低減例 3 では、図 1 に示した画像形成装置において、像担持体である感光体ドラム 1 の内部に制振部材 43 を貼り付けることにより、感光体ドラム 1 の固有振動数を、帯電ローラ 21 の交流バイアスの周波数 f に自然数を乗じた周波数とは異なる値として帯電音を低減する。

【0153】

図 12 は、感光体ドラム 1 の固有振動数を変更させる構成例 (3) を示す断面図である。ここでは、感光体ドラム 1 の内側に制振部材 43 を貼り付ける。制振部材 43 は、感光体ドラム 1 が振動するエネルギーを吸収して熱エネルギーに変換し、振動速度あるいは振動振幅を減衰させて音響放射を少なくする効果がある。制振部材 43 の材質としては、たとえば、日東電工 (株) 製の軽量制振材レジエトレックスというものがある。これは、基板である薄肉アルミニウム板に粘性の高い接着剤を付けたもので、接着剤によって振動エネルギーを吸収するものである。これによって、帯電時の交流バイアスの周波数 f によって発生する帯電ローラ 21 と感光体ドラム 1 との間での振動エネルギーを吸収し、帯電音の発生を抑制する。

【0154】

(帯電音の低減例 4)

この帯電音の低減例 4 では、図 1 に示した画像形成装置において、像担持体である感光体ドラム 1 に、帯電ローラを介して直流バイアスによる帯電を行なうことにより、帯電音を低減する。

【0155】

図 13 は、帯電方式を直流帯電方式としたプロセスカートリッジ 3 の構成例を

示す説明図である。このプロセスカートリッジ 3 は、像担持体としての感光体ドラム 1 の周りに、帯電手段としての帯電ローラ 21 と、現像手段としての現像ローラ 22 と、クリーニング手段としてのクリーニングブレード 23 と、除電ランプ 28 が配設されている。また、トナーホッパは、トナー 24 を攪拌し現像ローラ 22 に送り出すアジテータ 25 と、攪拌軸 26 と、現像ブレード 27 と、を備えている。帯電ローラ 21 は、芯金部 21a、帯電部 21b と、から構成される。

【0156】

像担持体としての感光体ドラム 1 の周りには、帯電ローラ 21、現像ローラ 22、クリーニングブレード 23 が所定の条件で配置されている。そして、プロセスカートリッジ 3 内のトナー 24 は、アジテータ 25、攪拌軸 26 によって攪拌され、現像ローラ 22 まで運ばれる。現像ローラ 22 内の磁力によってローラ表面に付着したトナー 24 は、現像ブレード 27 を通過するとき、摩擦帯電によってマイナスに帯電する。マイナスに帯電したトナーは、バイアス電圧によって感光体ドラム 1 に移動し、静電潜像に付着する。

【0157】

レジストローラ 11 により送られた記録紙が感光体ドラム 1 と転写ローラ 2 の間を通過するとき、転写ローラ 2 からのプラス電荷により、感光体ドラム 1 上のトナーが記録紙に転写する。感光体ドラム 1 上に残ったトナーは、クリーニングブレード 23 によって掻き取られ、クリーニングブレード 23 の上方にあるタンク内に廃トナーとして回収される。感光体ドラム 1 上の残留電位を消去するために除電ランプ (LED) 28 の全面露光による除電を行ない、つぎの画像形成に備える。なお、転写ローラ 2 以外はプロセスカートリッジ 3 として一体化されており、ユーザが交換できるようになっている。

【0158】

ところで、交流バイアスによる帯電の場合は、バイアス電圧の交流成分に起因して、帯電ローラ 21 の表面と感光体ドラム 1 の表面間に引力と斥力とが交互に作用し、帯電ローラ 21 に振動を生じさせることがある。これに対して、直流バイアスによる帯電の場合は、帯電ローラ 21 の振動が発生しないため、帯電音が

発生しない。帯電ローラ 21 に直流バイアスのみを印加する場合には、交流帯電で不要であった残留電荷の除去のための除電手段が必要になる。このように、帯電方式を交流帯電から直流帯電方式にすることにより、不快な帯電音の発生を防ぐことができる。

【0159】

なお、この実施の形態では、AC 帯電音の低減化について取り上げたが、純音が発生しやすい音源として、ポリゴンモータ、ポリゴンミラーの回転駆動音やステッピングモータの駆動周波数の音があり、これらも発生している場合は不快であるので、対策する必要がある。

【0160】

[紙摺動音の低減]

まず、紙摺動音の音源である搬送路の構成および発生原因について述べる。図 14 は、図 4 に示した画像形成装置における本体縦搬送ユニット 180 のコロおよびガイド板の詳細構成を示す説明図である。すなわち、給紙トレイからの搬送と両面複写のための中間トレイからの搬送を、レジストローラ方向に案内する搬送部分の断面図である。また、図 15 は、騒音未対策時における記録紙と可撓性シート 59 との関係を示す説明図である。

【0161】

図 14 において、符号 50、51 は複数のコロを団子状に軸に設けたローラである。ローラ 50 とローラ 51 を対にして記録紙を搬送する第 1 の搬送ローラ対とし、給紙トレイから搬送してきた記録紙を図示する A 方向へ搬送するように回転する。また、符号 52、53、54 は複数のコロを団子状に軸に設けたローラである。ローラ 52 とローラ 53 を対にして記録紙を搬送する第 2 の搬送ローラ対を形成し、中間トレイから搬送される記録紙を図示する B 方向へ搬送するように回転する。また、ローラ 52 とローラ 54 を対にして記録紙を搬送する第 3 の搬送ローラ対を形成し、図中の C 方向、すなわちレジストローラ方向へ搬送するように回転する。

【0162】

矢印 A 方向へ搬送するように回転される第 1 の搬送ローラ対の搬送路には、ガ

イド板 5 5、5 6 が設けてあり、これらのガイド板 5 5、5 6 にはローラ 5 0、5 1 のコロの部分逃げるように穴があけてある。同様に、矢印 B 方向へ搬送するように回転する第 2 の搬送ローラ対の搬送路には、ガイド板 5 7、5 8 が設けてあり、これらのガイド板 5 7、5 8 には、ローラ 5 2、5 3 のコロの部分逃げるような穴があいている。また、矢印 C 方向に搬送するように回転する第 3 の搬送ローラ対の搬送路には、ガイド板 5 6、5 7 の延長部があり、これらには、ローラ 5 2、5 4 のコロの部分逃げるように穴があいている。すなわち、搬送ローラ対による搬送力とガイド板による搬送性を確保した構成となっている。

【 0 1 6 3 】

ガイド板 5 5 の下流側の端部には、記録紙の搬送方向に延びる可撓性シート 5 9 が取り付けられており、記録紙を案内するように設けられている。そして、A 方向から搬送させてきた記録紙も、共に C 方向へ搬送されるように搬送路が形成されている。

【 0 1 6 4 】

ここで、中間トレイから B 方向に搬送されてくる記録紙は、下向きカールがついている場合が多く、折れやジャム（紙詰まり）の発生を防止するために、可撓性シート（具体的にはポリエステルフィルム、製品名：マイラー）5 9 は図中右方向に折り曲げてある。したがって、給紙トレイから A 方向に搬送されてきた記録紙は、可撓性シート 5 9 の先端を迂回してローラ 5 2、5 4 間へ進入する。

【 0 1 6 5 】

このとき、図 1 9 に示すような未対策の可撓性シート 5 9 の場合、記録紙が可撓性シート 5 9 の先端を摺動しながら搬送する。ところが、記録紙の表面は繊維の凹凸があり、さらに、可撓性シート 5 9 はせん断加工により端面はバリがでているため、記録紙表面の繊維に凹凸が進行することにより、可撓性シート 5 9 のエッジ部のバリと記録紙が振動して大きな音を発生して騒音となる。なお、可撓性シート 5 9 のエッジ部分のバリを 1 枚ずつ取るのは非常にコストと時間がかかる。そこで、以下に示すように可撓性シート 5 9 の工夫による紙摺動音の低減対策を行なった。

【 0 1 6 6 】

本発明の実施の形態にかかる可撓性シート 59 の例を図 16、図 17 に示す。この図 16、図 17 において、ガイド板 55 に取りつけた可撓性シート 59 の先端は、図 14 の矢印 A 方向から搬送されてきた記録紙をひっかくように摺動するときに発生する摺動音（紙の表面はある程度の表面粗さがあり、エッジを摺動させると高周波成分を多く含む音を発生する）を低減させるために、屈曲部 59a を形成する。可撓性シート 59 の表面は極めて平滑であり、屈曲部 59a を設けてもその平滑性は失われない。図 16 は、記録紙が可撓性シート 59 の屈曲部 59a を摺りながら搬送される様子を示したものである。

【0167】

図 18、図 19 は、可撓性シート 59 の先端形状をそれぞれ示しており、図 18 は未対策の状態、図 19 はシート厚 t の半分以下の厚さのシートを折り曲げて重ねた状態を示している。この図 19 では、可撓性シート 59 の厚さを変えずに、シート先端を 59b のように先端部分に丸みを持たせた R 形状にする。これにより、記録紙との振動が低減されるため、紙摺動音が低減する。

【0168】

図 20 は、画像形成装置の騒音の周波数分析として 1/3 オクターブバンド分析を行なった結果を示すグラフであり、通紙コピー時とフリーラン（通紙せずにコピー動作を行なうモード）とをそれぞれ比較したものである。

【0169】

図 21 は、コピー時とフリーラン時の音圧レベルの差を示すグラフである。なお、このグラフは周波数の分布を調べるのが主目的であるので、各周波数の音圧レベルの相対的な比較は意味があるが、音圧レベルの絶対値は正確な校正を行っていないので意味がない。この図 21 の周波数バンド幅ごとの音圧レベルの差は、通紙するか、しないかによって起こる差である。つまり、記録紙を搬送することに起因する音の周波数分布である。

【0170】

図 21 において、3 dB 以上差があるのは、比較的低周波の 200～250 Hz を中心とした帯域と、比較的高周波である 3.15 kHz 以上の帯域である。音響的には 3 dB の差があると、音響エネルギーに 2 倍の差がある。

【0171】

分析の結果、比較的低周波の200～250Hzを中心とした帯域の音は、記録紙と搬送ローラの衝突音であることがわかった。こちらは、音質評価実験により、不快さとは関係ないことがわかっているので音質改善ということに関しては対策する必要はない。

【0172】

また、3.15kHz以上の周波数は、記録紙の摺動音であることがわかった。つまり、記録紙と可撓性シート59の先端エッジ部分の摺れによって記録紙が振動して発生する音である。図21から明らかなように、12.5k～16kHzを中心とした周波数帯域は、約7dBの顕著な差がある。したがって、可撓性シート59を図16、図19に示すような構成（形状）にすることにより、記録紙の摺動音の音源を根本から対策することができ、3.15kHz以上の周波数を低減することが可能である。この周波数帯域はシャープネスに寄与が大きく、また、聞こえの大きさも小さくなるのでラウドネスにも寄与する。

【0173】

[金属衝撃音の低減]

図22は、図4におけるバンク給紙ユニット170の給紙・駆動系の構成を示す説明図である。この実施の形態における画像形成装置は図4で示したように、4段給紙が可能に構成されており、上の段ほど搬送経路が短くなるので画像形成がはやくなる。したがって、1段目（1番上の段）にはよく使用されるA4サイズの記録紙がセットされ、3、4段目（下の段）には一般的に使用頻度の少ないB4やA3サイズの記録紙がセットされることが多い。

【0174】

図22において、4段それぞれの給紙装置には、グリップローラ67が配設され、各給紙装置から給紙された記録紙は、グリップローラ67を介して上方に向かう。グリップローラ67にはそれぞれ従動コロ69が対向して設けられ、加圧スプリング70で加圧されている。これらグリップローラ67や用紙分離機構（不図示）はバンクモータ61で駆動され、上部100に記録紙を搬送する。

【0175】

グリップローラ 67 の各軸には、上から、中間クラッチ 62、中間クラッチ 63、中間クラッチ 64、中間クラッチ 65 が設けられている。これらの中間クラッチ 62～65 は電磁クラッチで構成され、タイミングベルト、ギヤ列を介して電磁クラッチのギヤに伝達されているバンクモータ 51 を駆動源とする駆動力を、電流のオン／オフでグリップローラ 67 を回転したり、非回転するものである。この駆動機構は、画像形成中に記録紙を送って記録紙間を最小限に制御し、処理効率を上げるために設けられている。中継センサ 66 は、画像書き込みのタイミングをとるため、およびジャム（紙詰まり）検知として用いられる。

【0176】

ところで、画像形成装置における金属衝撃音の主な要因は、バンク給紙ユニット 170 の中間クラッチの動作音であることが分かっている。これらの 4 つの中間クラッチは、記録紙を 1 枚給紙するたびに動作する。制御を簡単にするためにバンク給紙ユニット 170 のどの段から給紙しても動作するように構成されている。このため、バンク給紙ユニット 170 の 1 段目から給紙しても、駆動の必要のない 2～4 段目のグリップローラ 67 も駆動する。なお、4 段目（1 番下）から給紙した場合は、すべてのグリップローラ 67 が動作しないと記録紙は上方に搬送されないので、中間クラッチ 62～中間クラッチ 65 はすべて動作する必要がある。

【0177】

ただし、前述したように使用頻度の高いのはバンク給紙ユニット 170 の最上段または 2 番目のトレイからの給紙である。3、4 段目は使用頻度の低いサイズの記録紙をセットしてあるので使用頻度が少ない。

【0178】

金属衝撃音は、バンク給紙ユニット 170 の中間クラッチ 62～65 が同時に動作することによって衝撃音が大きく発生するので、バンク 1 段目を使用するときは中間クラッチ 62 だけを動作するようにすれば、金属衝撃音のエネルギー発生は 1/4 に抑えることができる。このように、給紙に使用しているバンクの上の段の中間クラッチだけを動作するように制御することで、騒音も電気エネルギーの消費も抑制することができる。

【0179】

図23は、バンク給紙ユニット170の中間クラッチの制御例を示すフローチャートである。まず、1段目給紙であるか否かを判断し（ステップS11）、1段目給紙である場合、中間クラッチ62を動作させる（ステップS12）。ステップS11において、1段目給紙ではない場合にはさらに2段目給紙であるか否かを判断し（ステップS13）、2段目給紙である場合には中間クラッチ62、63を動作する（ステップS14）。ステップS13において、2段目給紙ではない場合さらに3段目給紙であるか否かを判断し（ステップS15）、3段目給紙であれば、中間クラッチ62～64を動作させ（ステップS16）、3段目給紙でない、すなわち4段目給紙（最下位のトレイからの給紙）の場合には中間クラッチ62～65を動作させる（ステップS17）。

【0180】

このように、必要部分だけの中間クラッチをオンさせる制御を行ない、使用頻度の少ない下段の中間クラッチは動作させないことにより、金属衝撃音の発生を抑制することができる。

【0181】

図24は、中間クラッチの制御の改良前と改善後における金属衝撃音の変化を示すグラフである。改良前とは、4つの中間クラッチを同時に動作させたものである。金属衝撃音改善は、1段目の中間クラッチ62だけを動作させたものである。これによると、クラッチの衝撃音は約1k～20kHzの高周波の広帯域ノイズであり、インパルス性だけでなく、シャープネスやラウドネスに寄与する。このように、衝撃音の音源を抑えることにより、不快音を低減させることができる。

【0182】

なお、本発明は、上述してきた実施の形態に限定されるものではなく、発明の要旨を変更しない範囲で適宜、変形して実施することが可能である。たとえば、本発明の音質評価式やその条件は、この実施の形態の図1、図4で示した画像形成装置に限定されるものではなく、電子複写機、レーザプリンタ、レーザファクシミリ装置など一般の画像形成装置に広く適用することができる。

【0183】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明にかかる画像形成装置（請求項1）によれば、請求項1に示すように、音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルスブネス値、ppm値を用いた式（a）によって算出される不快確率値が、（b）の条件を満たす画像形成装置を提供するため、低速～高速で稼動する画像形成装置から発せられる騒音の不快に感じる確率を計算で求めることができ、その不快に感じる確率を低減することができる。よって、低速機から中高速機までの画像形成装置に対する不快音源を、合理的に評価することができ、かつ理解しやすい値で示した上で、改善することにより、心理的な不快感（騒音）を緩和することができる。

【0184】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項2）によれば、請求項1において、A～Fの値の範囲に、各係数の推定値に、 $\pm 2\sigma$ （標準誤差）の範囲を加えるため、低速機から中高速機までの画像形成装置から発せられる不快に感じる確率を信頼区間95%の範囲で算出することができ、これを基に不快さを定量的に低減することができる。

【0185】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項3）によれば、請求項3に示すように、音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルスブネス値、ppm値を用いた式（c）によって算出される不快確率値が、（b）の条件を満たす画像形成装置を提供するため、低速～高速で稼動する画像形成装置から発せられる騒音の不快に感じる確率を計算で求めることができ、その不快に感じる確率を低減することができる。よって、低速機から中高速機までの画像形成装置に対する不快音源を、合理的に評価することができ、かつ理解しやすい値で示した上で、改善することにより、心理的な不快感（騒音）を緩和することができる。

【0186】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項4）によれば、請求項3において

、式(c)の標準誤差 σ を、 $\sigma = 0.839$ とするため、低速機から高速機までの画像形成装置から発せられる騒音の不快に感じる確率を信頼区間95%の範囲で算出することができ、この算出値から定量的な不快さの緩和を行なうことができる。

【0187】

また、本発明にかかる画像形成装置(請求項5)によれば、請求項5に示すように、音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーナリティ値、インパルスネス値、ppm値を用いた式(d)によって算出される不快確率値が、(b)の条件を満たす画像形成装置を提供するため、低速～高速で稼動する画像形成装置から発せられる騒音の不快に感じる確率を計算で求めることができ、その不快に感じる確率を低減することができる。よって、低速機から中高速機までの画像形成装置に対する不快音源を、合理的に評価することができ、かつ理解しやすい値で示した上で、改善することにより、心理的な不快感(騒音)を緩和することができる。

【0188】

また、本発明にかかる画像形成装置(請求項6)によれば、請求項1、3または5において、不快確率(a)、(b)、(d)式が、音の一対比較の優劣の確率を予測する多重ロジスティック回帰モデル(e)より、回帰モデル式の導出時に使用した全サンプルの心理音響パラメータ値の平均値を用い、単独の音の不快確率を予測する式に変換するので、2音の優劣の確率ではなく評価したい音の心理音響パラメータ値を入力することにより、基準値と相対比較した場合の、音の不快確率を評価可能な音質評価式の導出が可能になる。

【0189】

また、本発明にかかる画像形成装置(請求項7)によれば、請求項1、3または5において、条件(b)を満足するために高周波成分を抑制することにより、心理音響パラメータのシャープネス値とラウドネス値、音圧レベル値が下がるため、騒音の不快感を緩和することができる。

【0190】

また、本発明にかかる画像形成装置(請求項8)によれば、請求項7において

、給紙搬送手段におけるガイド部材と記録紙との摺動音を低減して、高周波成分の発生を抑制することにより、心理音響パラメータのシャープネス値とラウドネス値、音圧レベル値が下がるため、騒音の不快感を緩和することができる。

【0 1 9 1】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項 9）によれば、請求項 1、3 または 5 において、条件（b）を満足するために衝撃音を抑制することにより、心理音響パラメータのインパルス値とシャープネス値とラウドネス値、音圧レベル値が下がるため、騒音の不快感を緩和することができる。

【0 1 9 2】

また、本発明にかかる画像形成装置（請求項 1 0）によれば、請求項 9 において、使用する給紙段の電磁クラッチのみを動作させて金属衝撃音を低減することにより、心理音響パラメータのインパルス値とシャープネス値とラウドネス値、音圧レベル値が下がるため、騒音の不快感を緩和することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態にかかる画像形成装置（卓上型）の構成例を示す説明図である。

【図 2】

図 1 におけるプロセスカートリッジの構成例を示す説明図である。

【図 3】

図 2 における帯電ローラの構成を示す説明図である。

【図 4】

本発明の実施の形態にかかる画像形成装置（コンソール型）の構成例を示す説明図である。

【図 5】

本モデルにおける評点差の予測値と実測値とをプロットした散布図である。

【図 6】

本発明の実施の形態にかかるロジット変換の様子を示すグラフである。

【図 7】

本発明の実施の形態にかかる実確率と予測確率を示す散布図である。

【図 8】

画像形成装置のプリント速度に対する不快確率を示すグラフである。

【図 9】

画像形成装置の帯電音の周波数分析結果を示すグラフである。

【図 1 0】

感光体ドラムの固有振動数を変更させる構成例（1）を示す断面図である。

【図 1 1】

感光体ドラムの固有振動数を変更させる構成例（2）を示す断面図である。

【図 1 2】

感光体ドラムの固有振動数を変更させる構成例（3）を示す断面図である。

【図 1 3】

帯電方式を直流帯電方式としたプロセスカートリッジの構成例を示す説明図である。

【図 1 4】

図 1 4 は、図 4 に示した画像形成装置における本体縦搬送ユニットのコロおよびガイド板の詳細構成を示す説明図である。

【図 1 5】

騒音未対策時における可撓性シートおよび該シートによる搬送状態を示す説明図である。

【図 1 6】

騒音対策時における可撓性シートおよび該シートによる搬送状態を示す説明図である。

【図 1 7】

図 1 6 における可撓性シートの形状を示す平面図、および側面図である。

【図 1 8】

可撓性シートの先端エッジの未対策状態を示す説明図である。

【図 1 9】

可撓性シートの先端エッジの対策状態を示す説明図である。

【図 20】

コピー時とフリーラン時の音圧レベルの差を示すグラフである。

【図 21】

画像形成装置の騒音の周波数分析として 1/3 オクターブバンド分析を行なった結果を示すグラフである。

【図 22】

図 4 におけるバンク給紙ユニットの給紙・駆動系の構成を示す説明図である。

【図 23】

バンク給紙ユニットの中間クラッチの制御例を示すフローチャートである。

【図 24】

中間クラッチの制御の改良前と改善後における金属衝撃音の変化を示すグラフである。

【図 25】

I が不快となる実確率と式 (13) による予測確率とを示す散布図である。

【図 26】

相対モデルでの予測確率と実確率を示すグラフである。

【符号の説明】

- 1, 101 感光体ドラム
- 3 プロセカートリッジ
- 4 本体トレイ
- 5 バンク給紙トレイ
- 8, 130 書き込みユニット
- 10 給紙ローラ
- 11, 106 レジストローラ
- 21 帯電ローラ
- 21a 芯金部
- 21b 帯電ローラ
- 41 円筒部材
- 42 吸音部材

4 3 制振部材

1 0 0 上部

5 0 ～ 5 4 ローラ

5 5 ～ 5 8 ガイド板

5 9 可撓性シート

5 9 a 屈曲部

6 1 バンクモータ

6 2 ～ 6 5 中間クラッチ

6 7 グリップローラ

1 7 0 バンク給紙ユニット

1 7 1 ～ 1 7 4 第 1 トレイ～第 4 トレイ

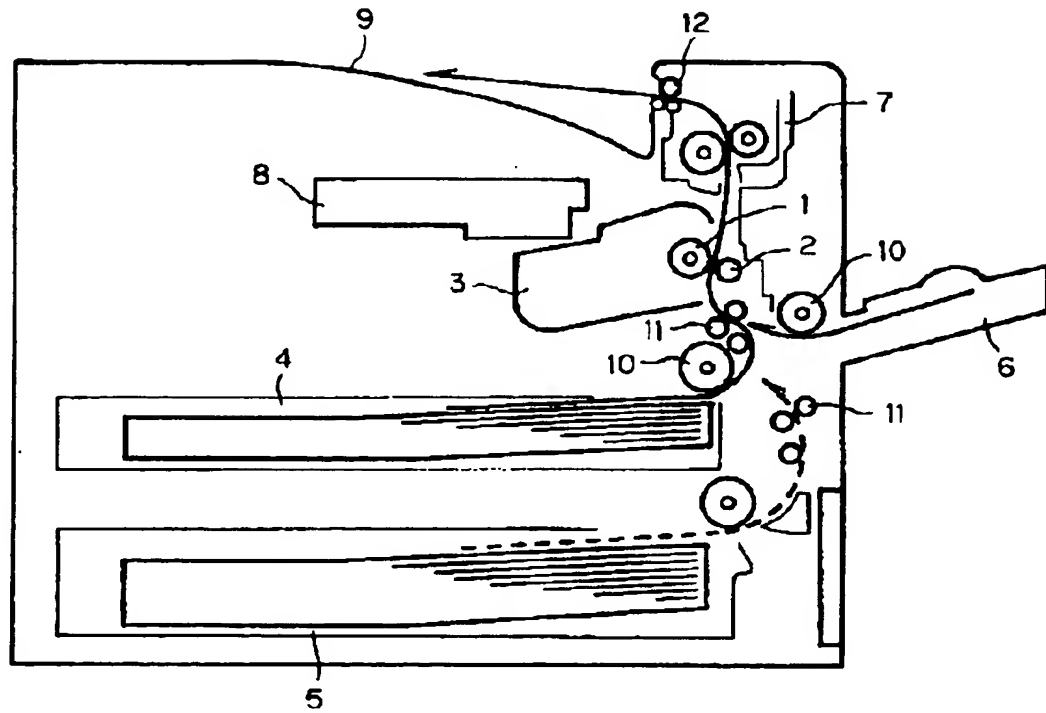
1 7 5 ～ 1 7 8 第 1 給紙装置～第 4 給紙装置

1 7 9 バンク縦搬送ユニット

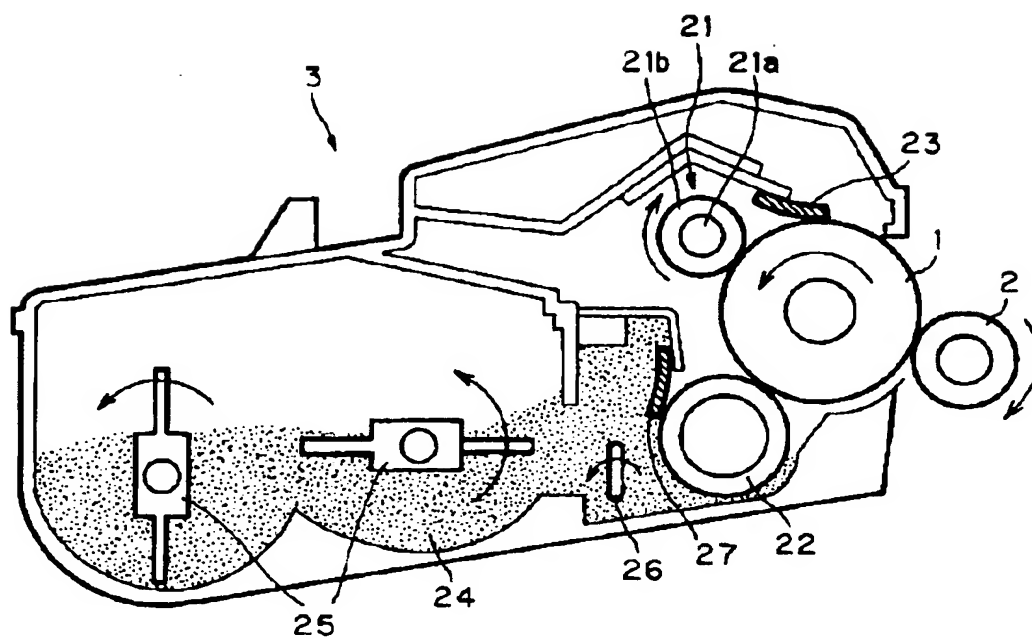
1 8 0 本体縦搬送ユニット

【書類名】 図面

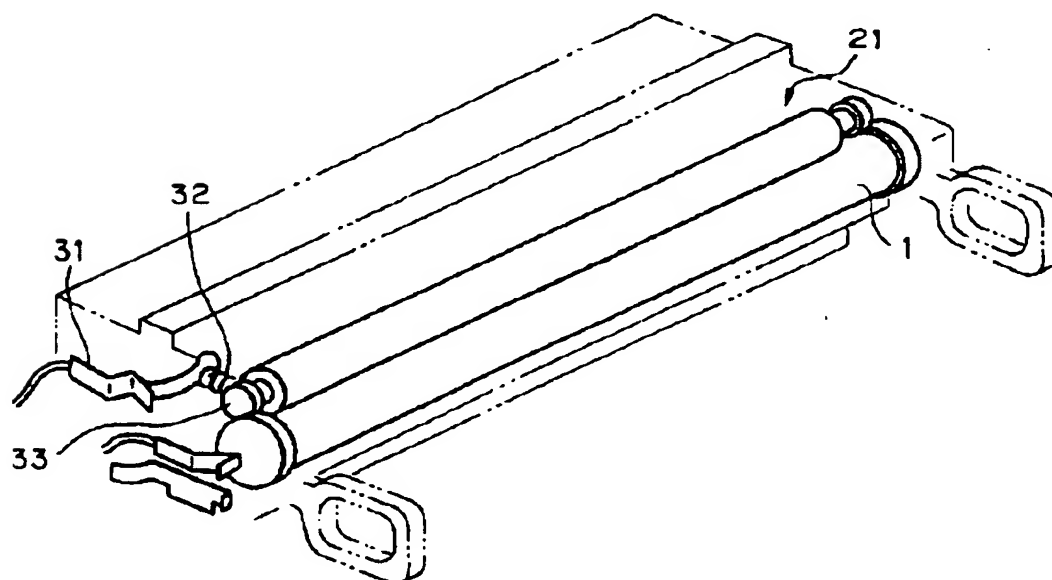
【図 1】



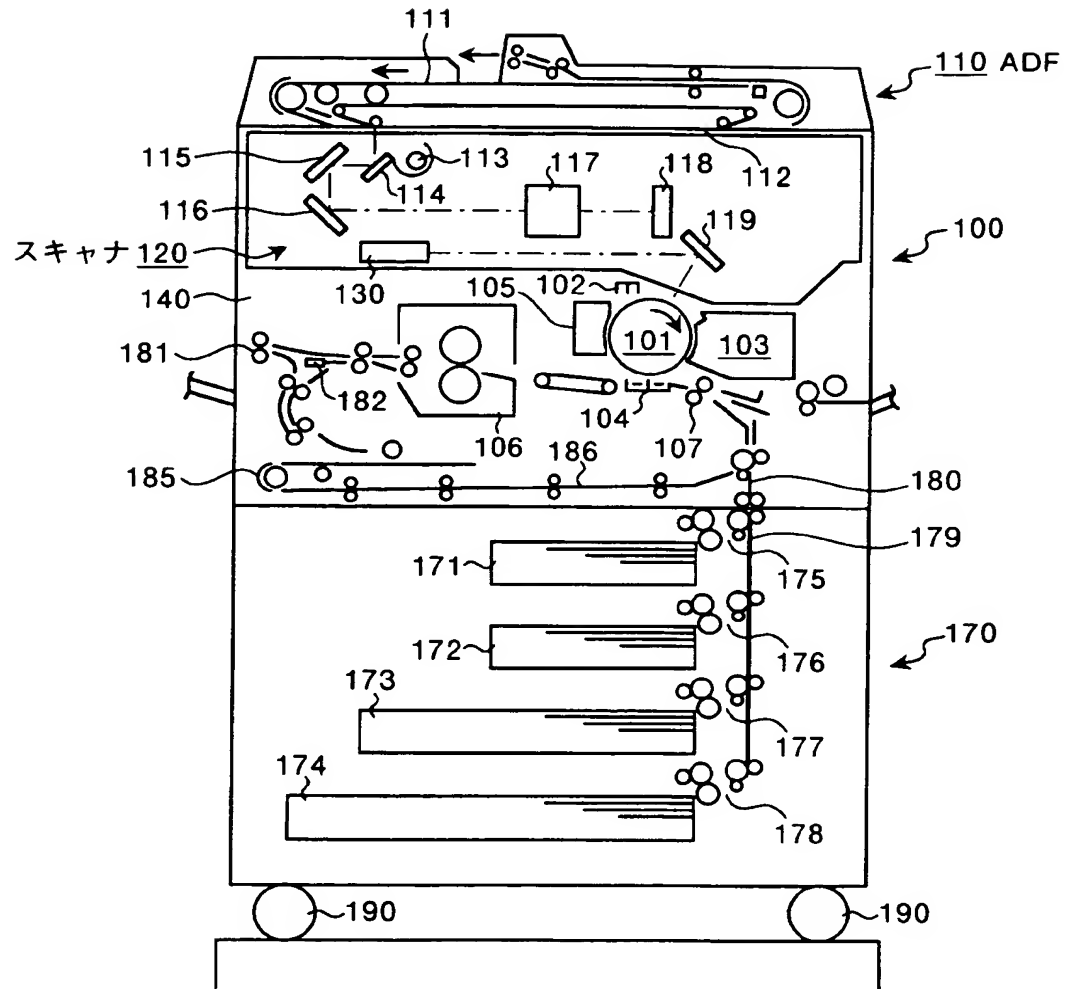
【図 2】



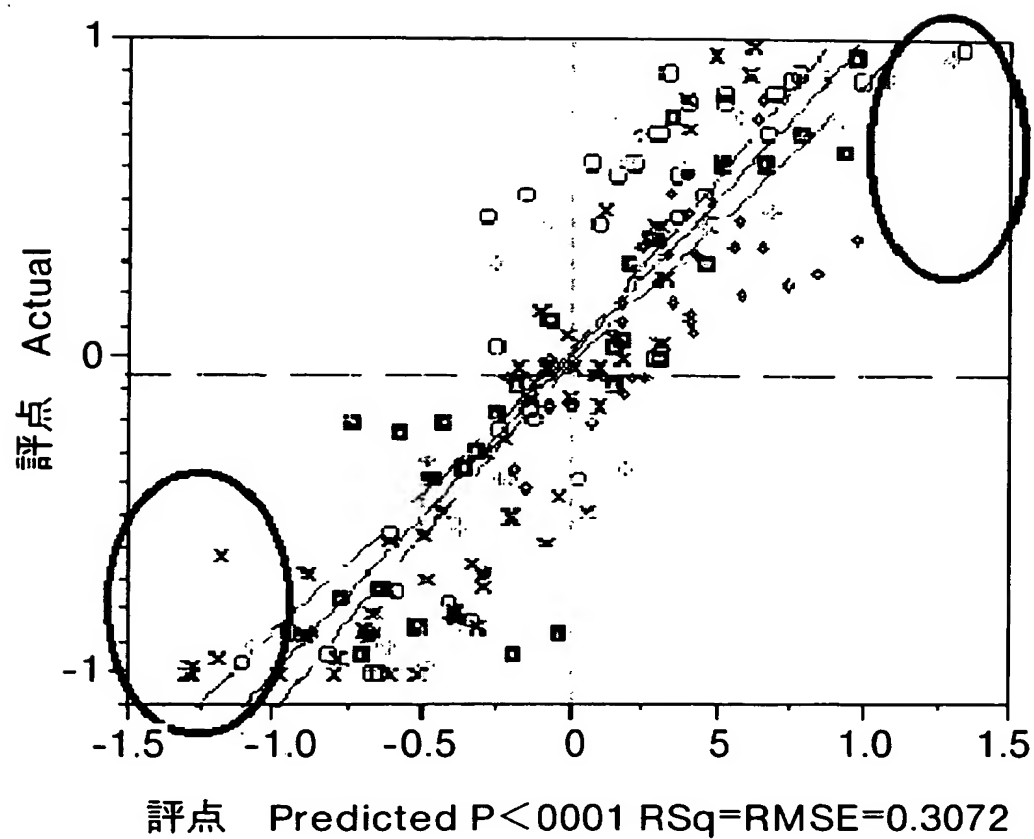
【図 3】



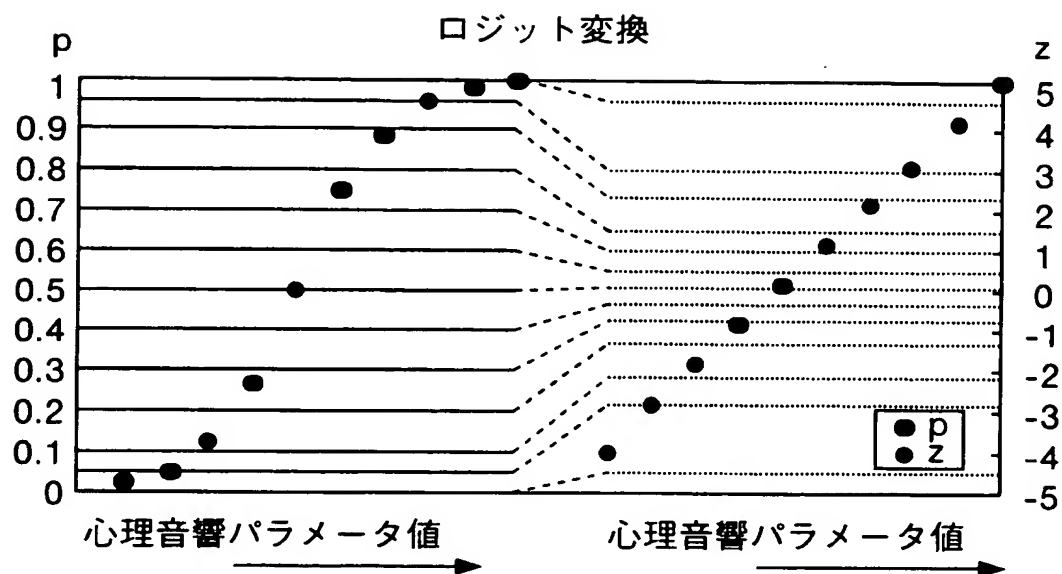
【図 4】



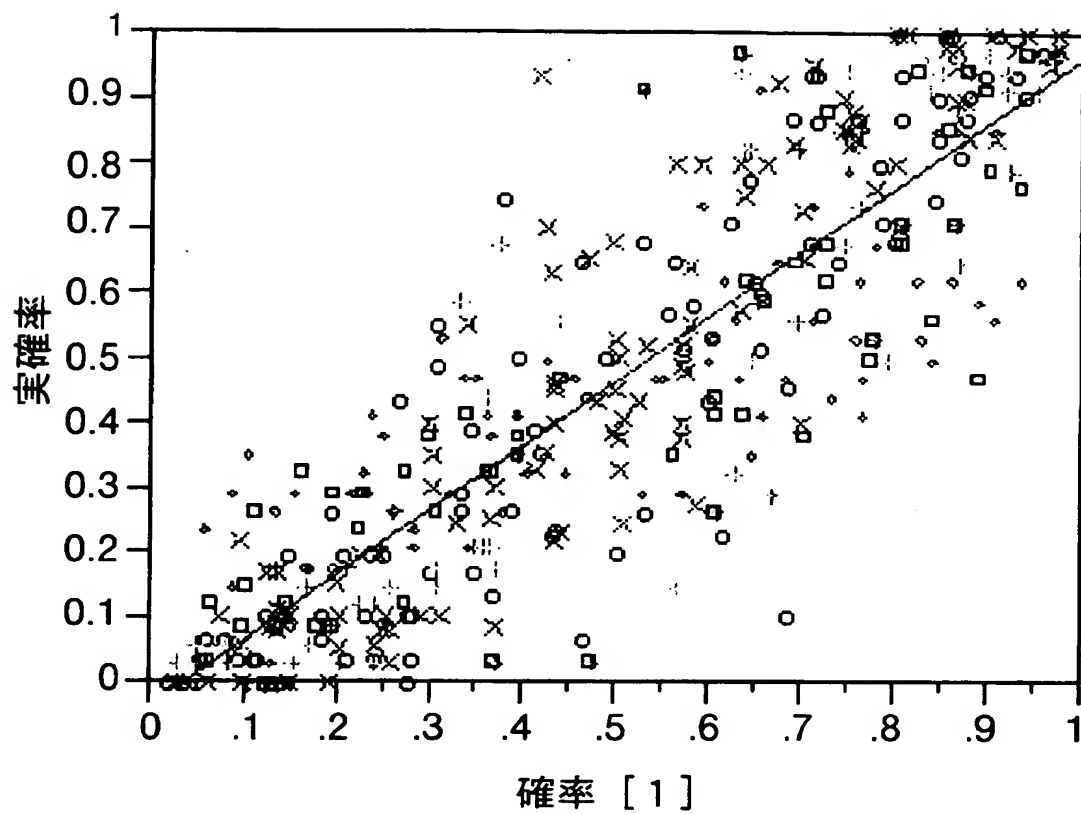
【図 5】



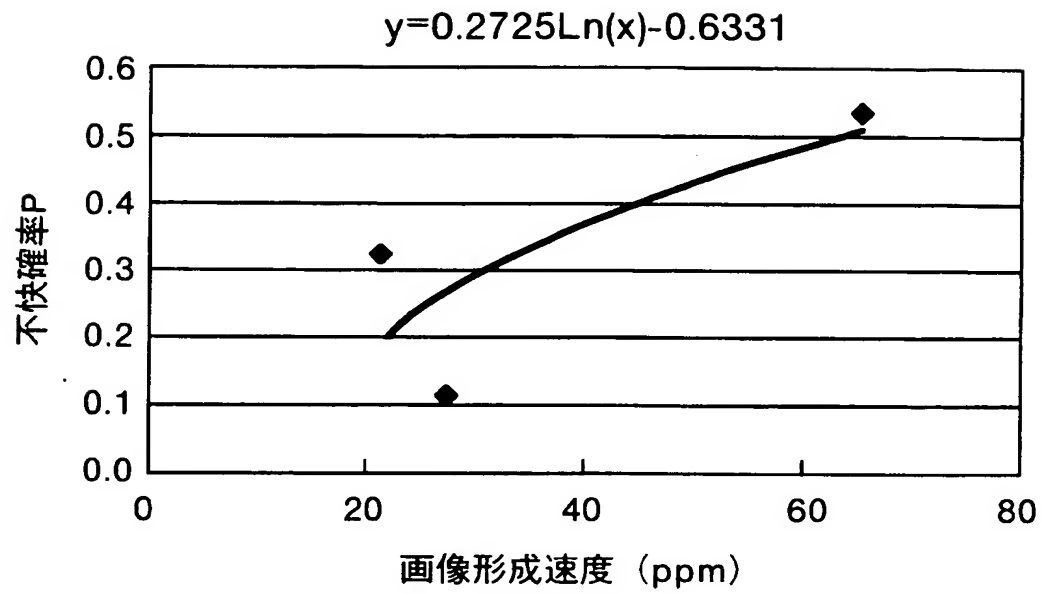
【図 6】



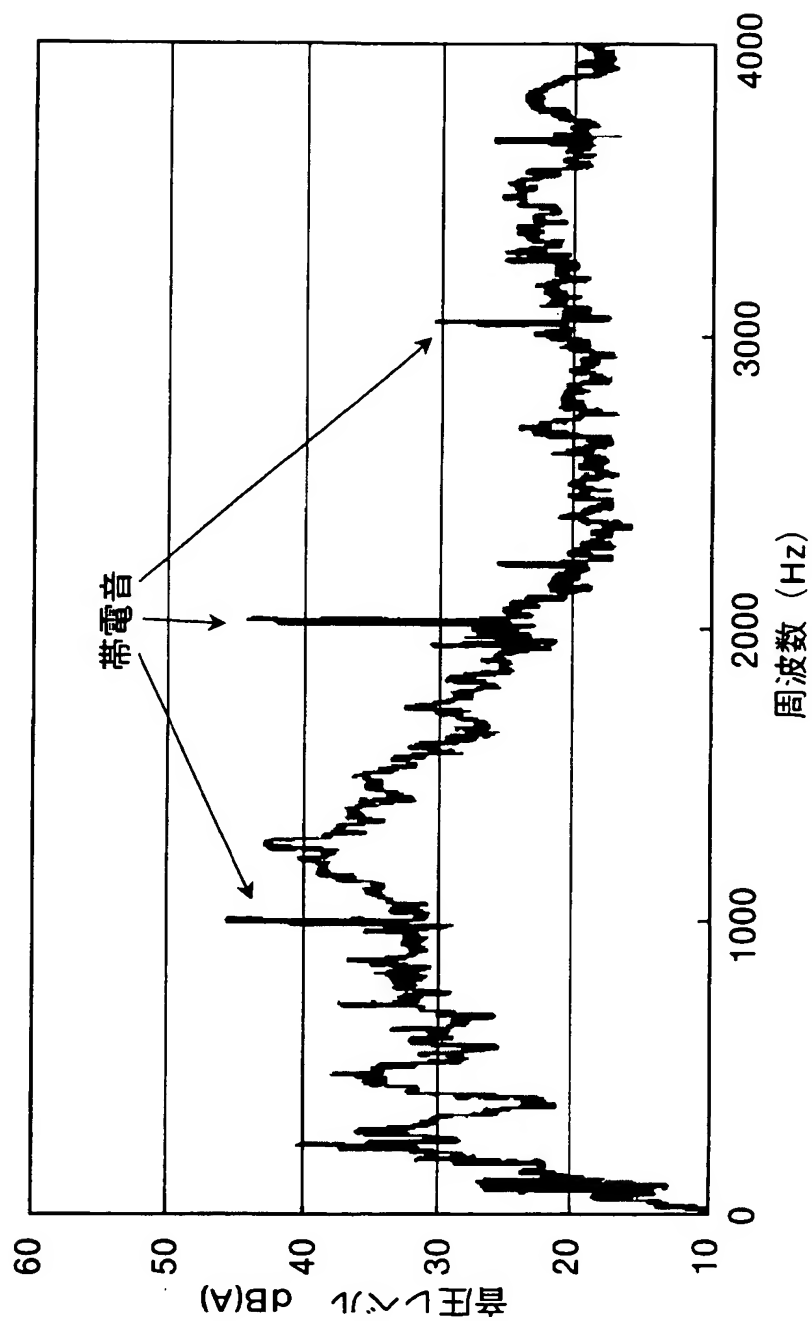
【図 7】



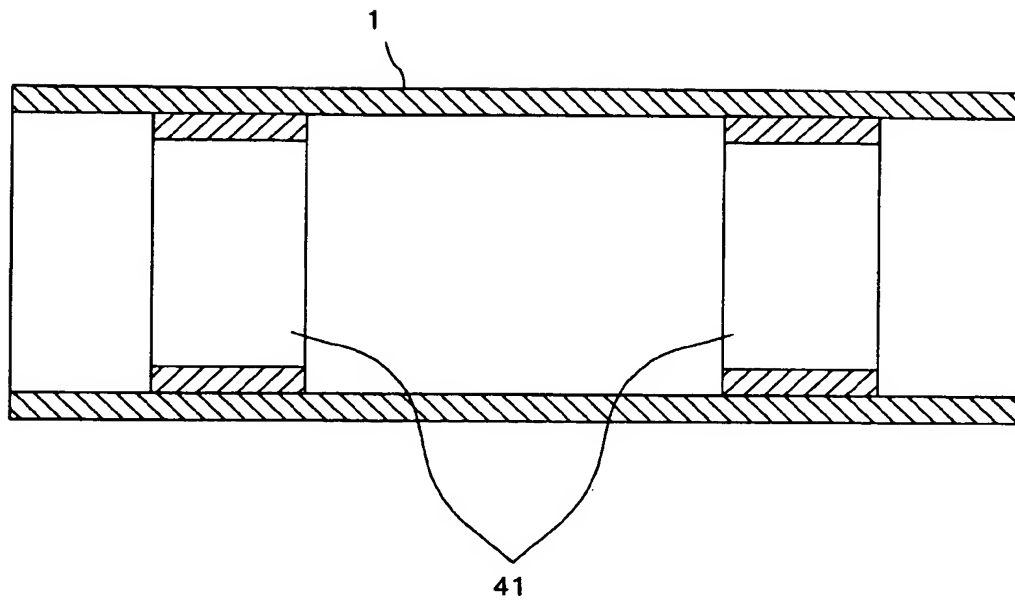
【図 8】



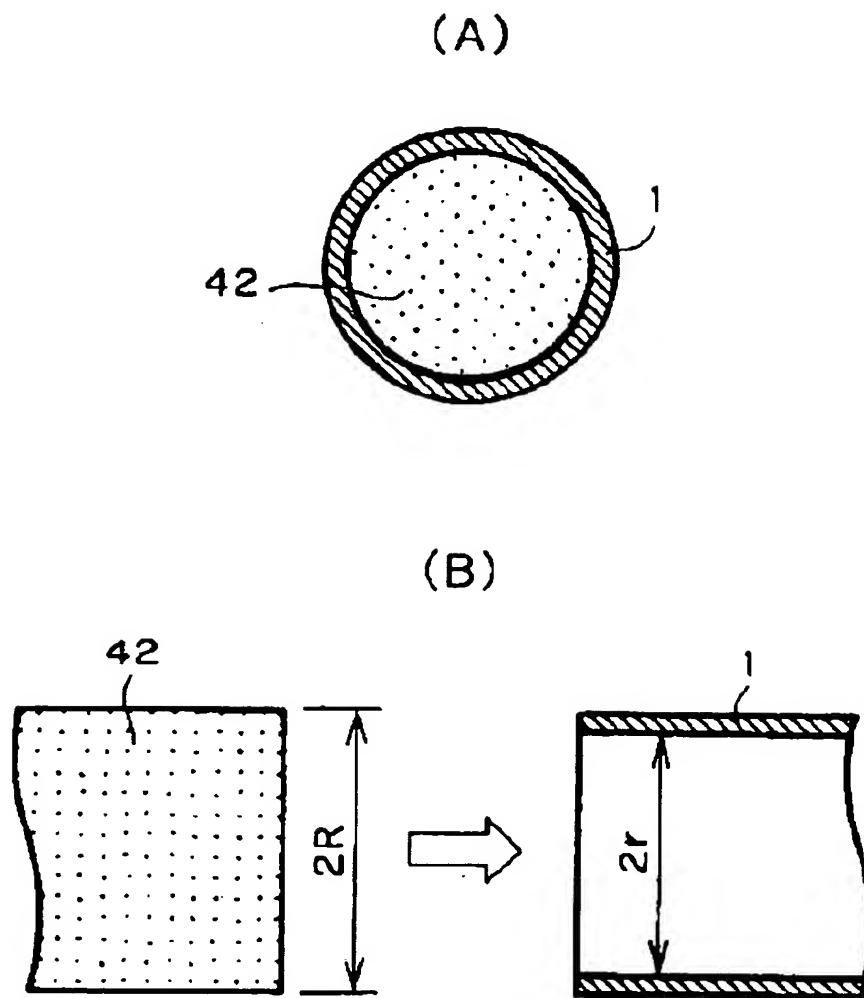
【図 9】



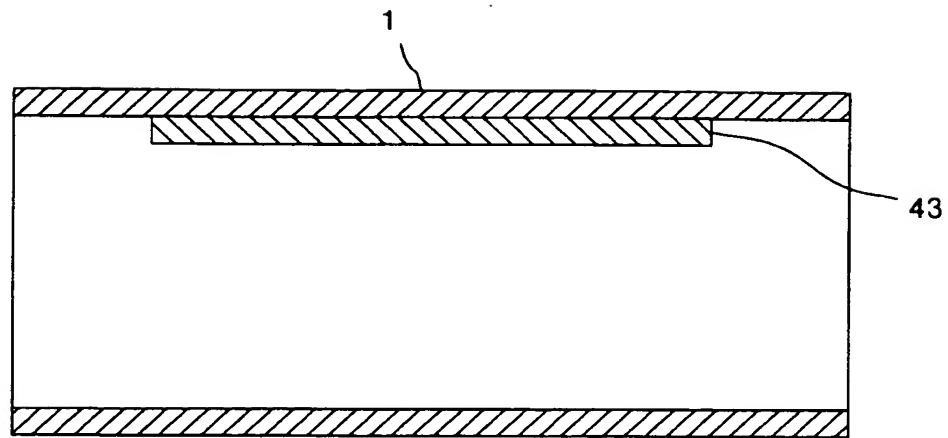
【図 10】



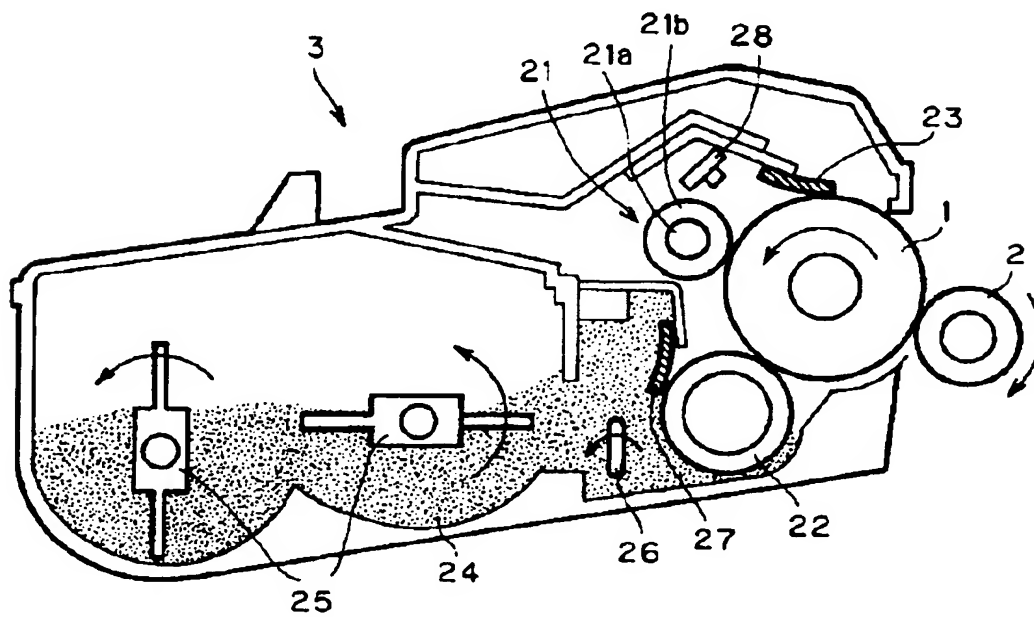
【図 11】



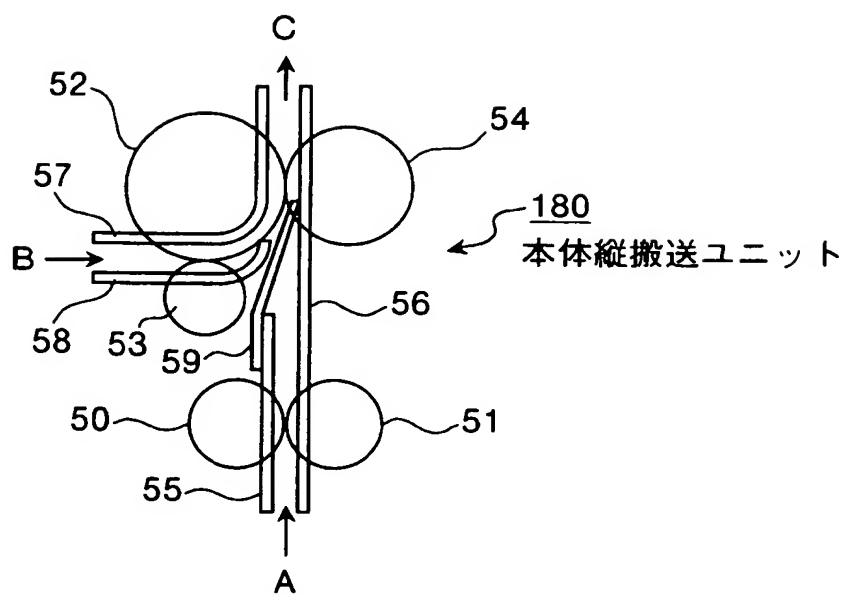
【図 12】



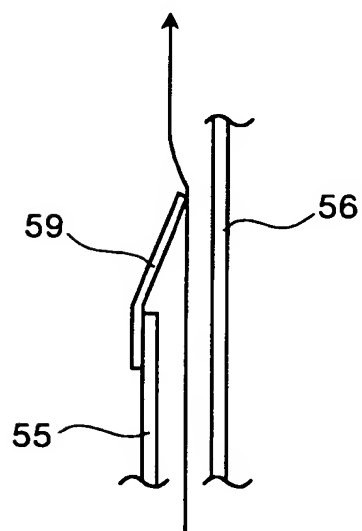
【図 13】



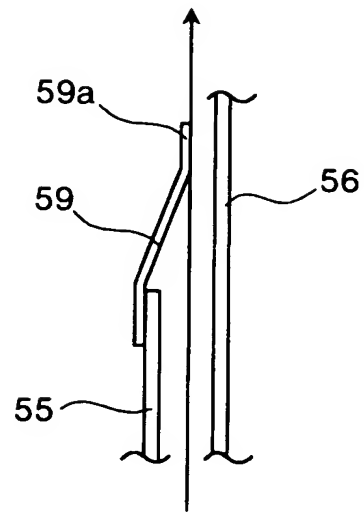
【図 14】



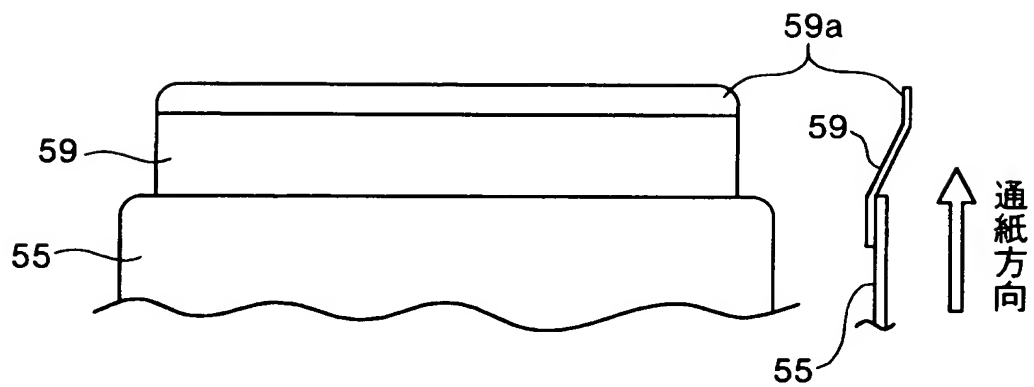
【図 15】



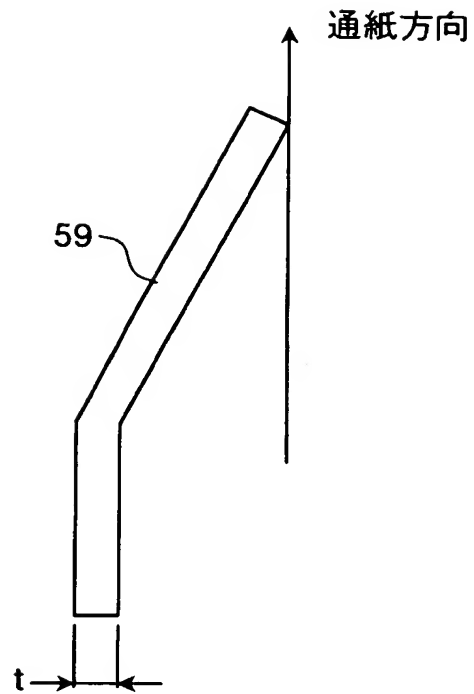
【図 16】



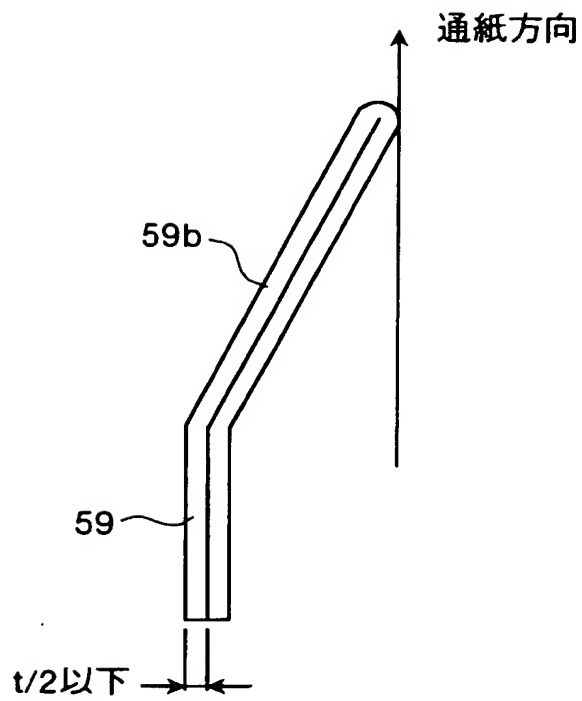
【図 17】



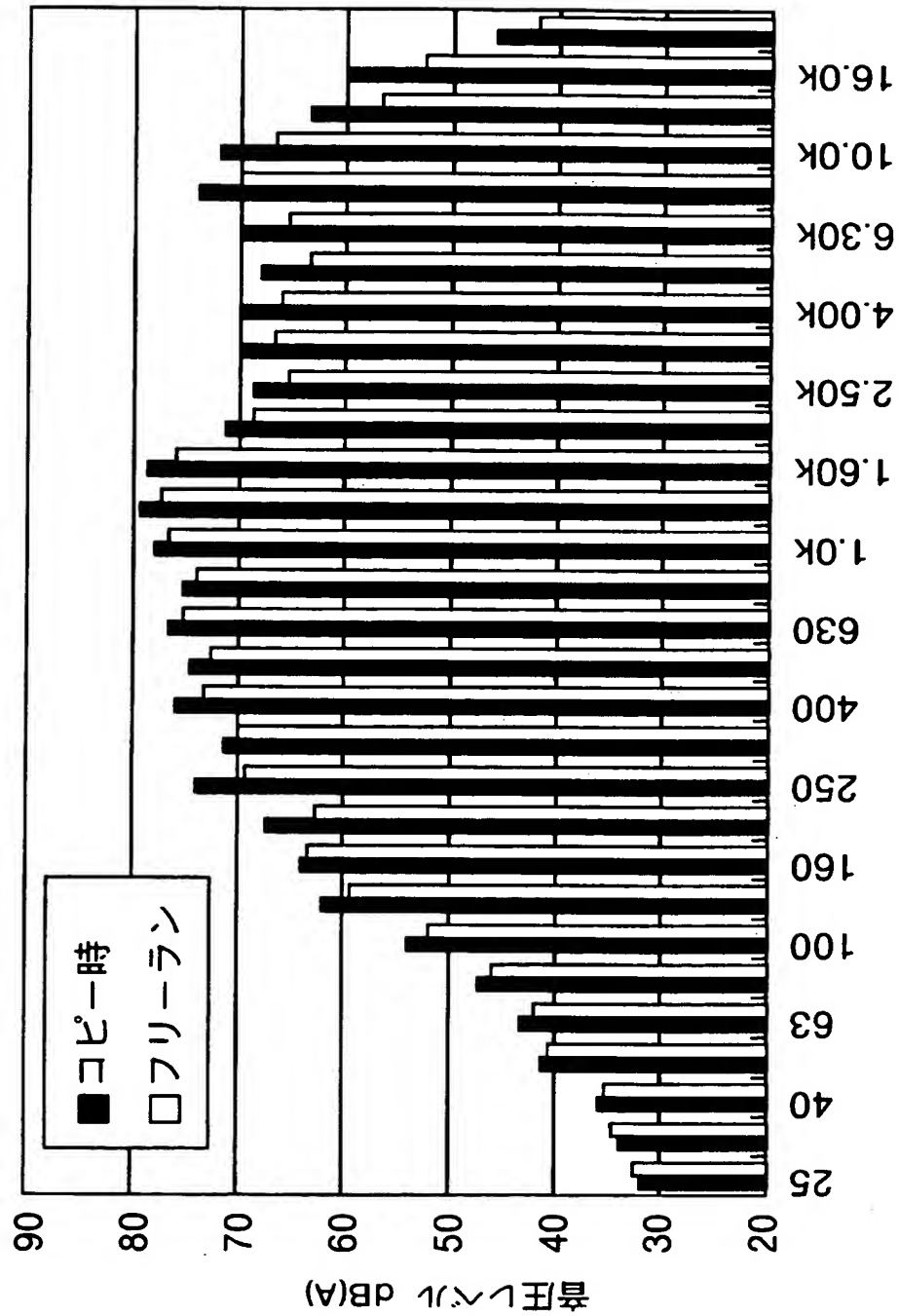
【図 1 8】



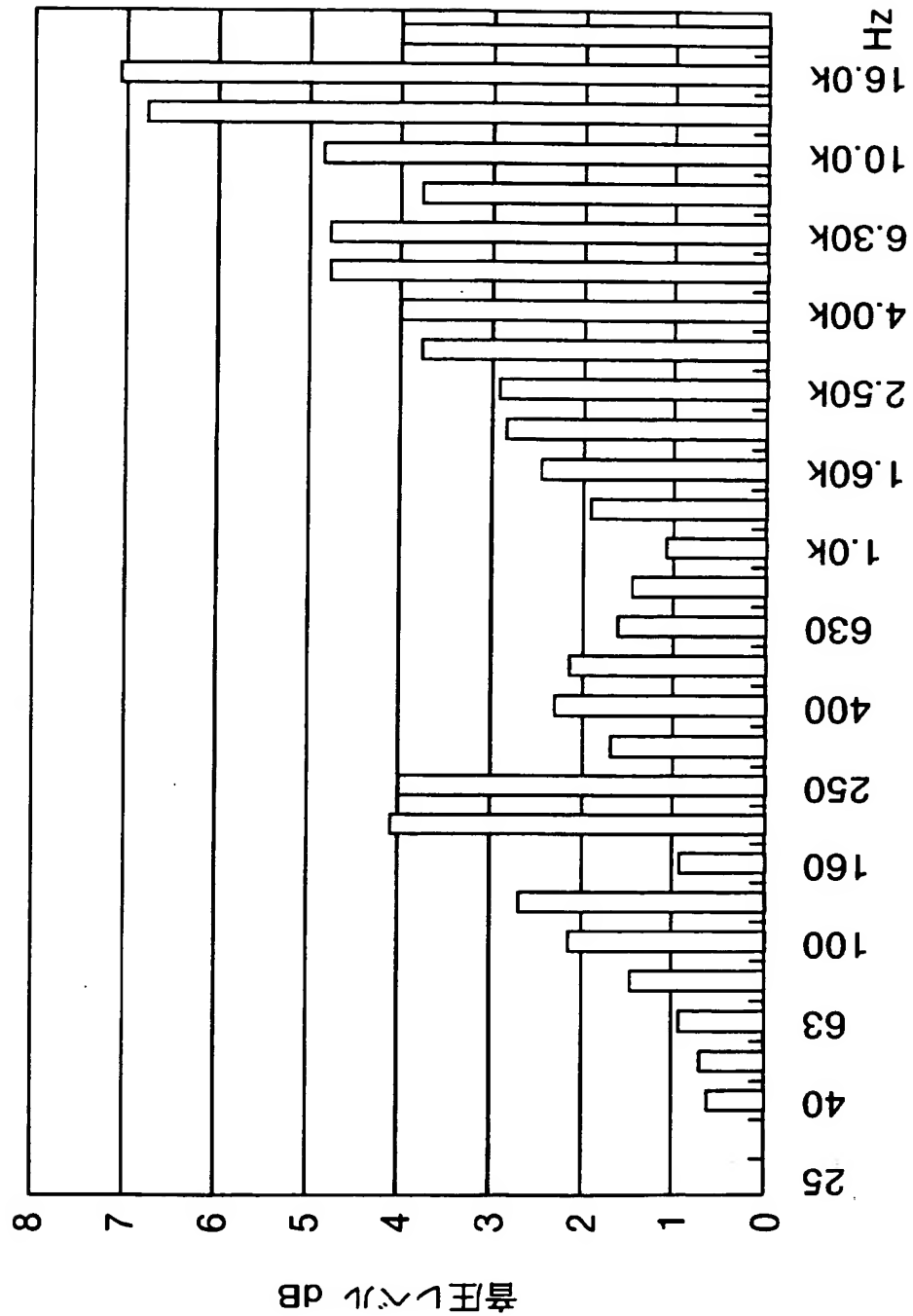
【図 1 9】



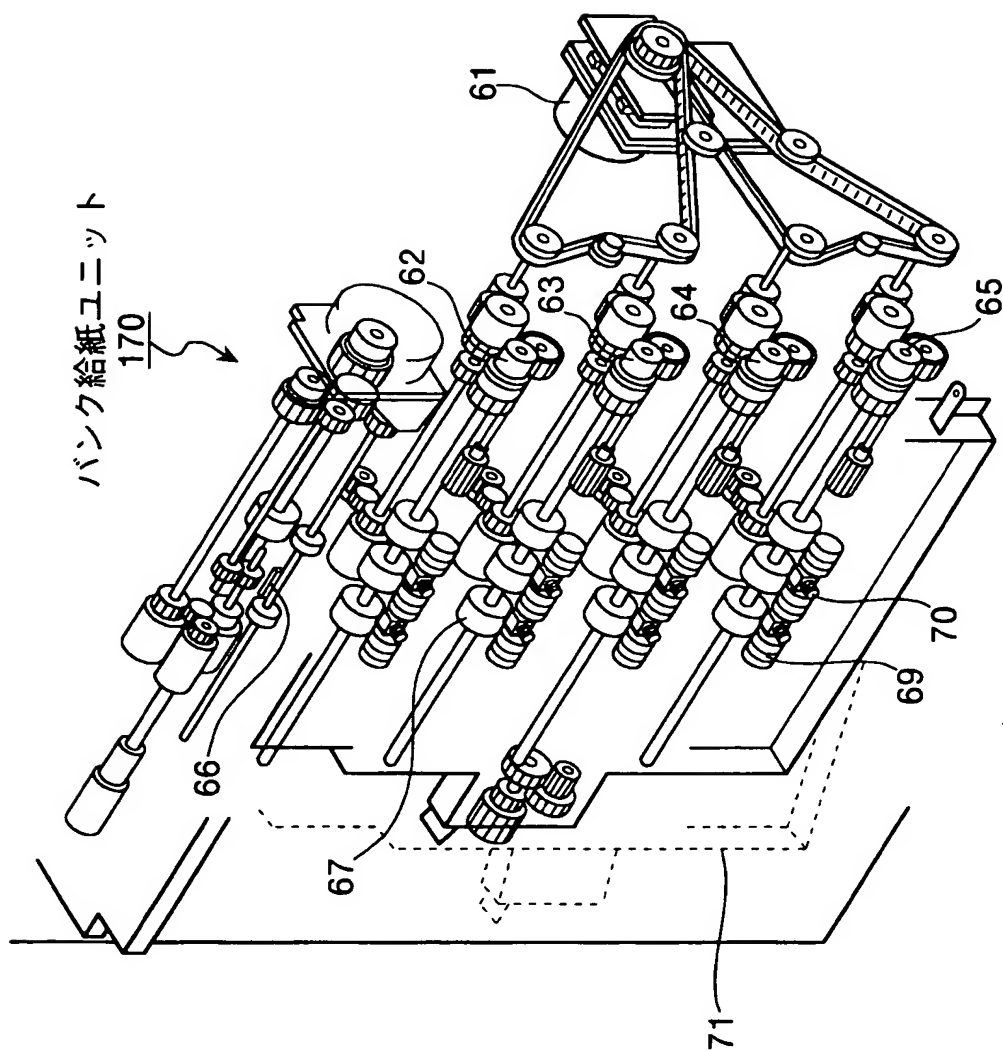
【図 20】



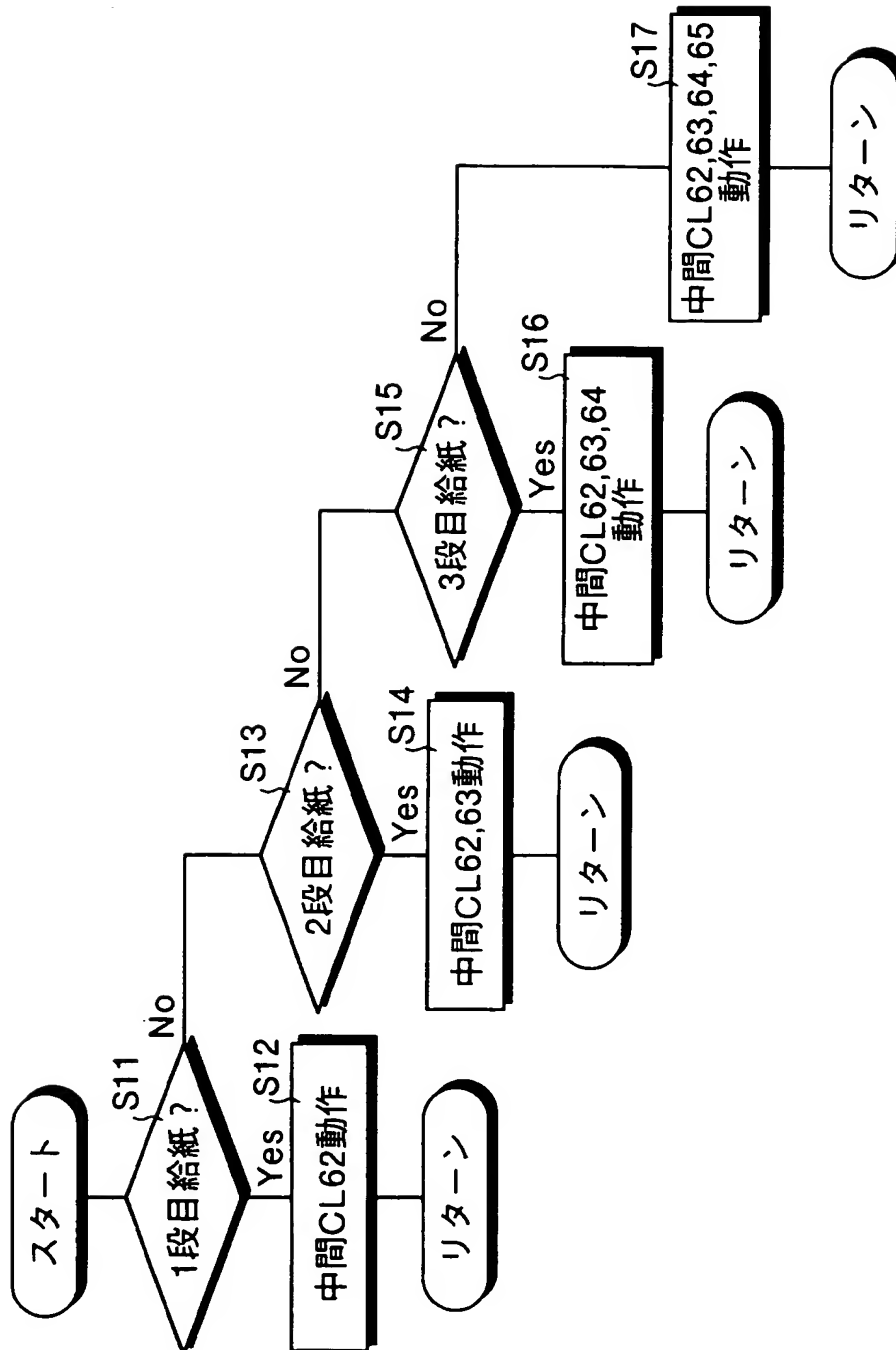
【図 21】



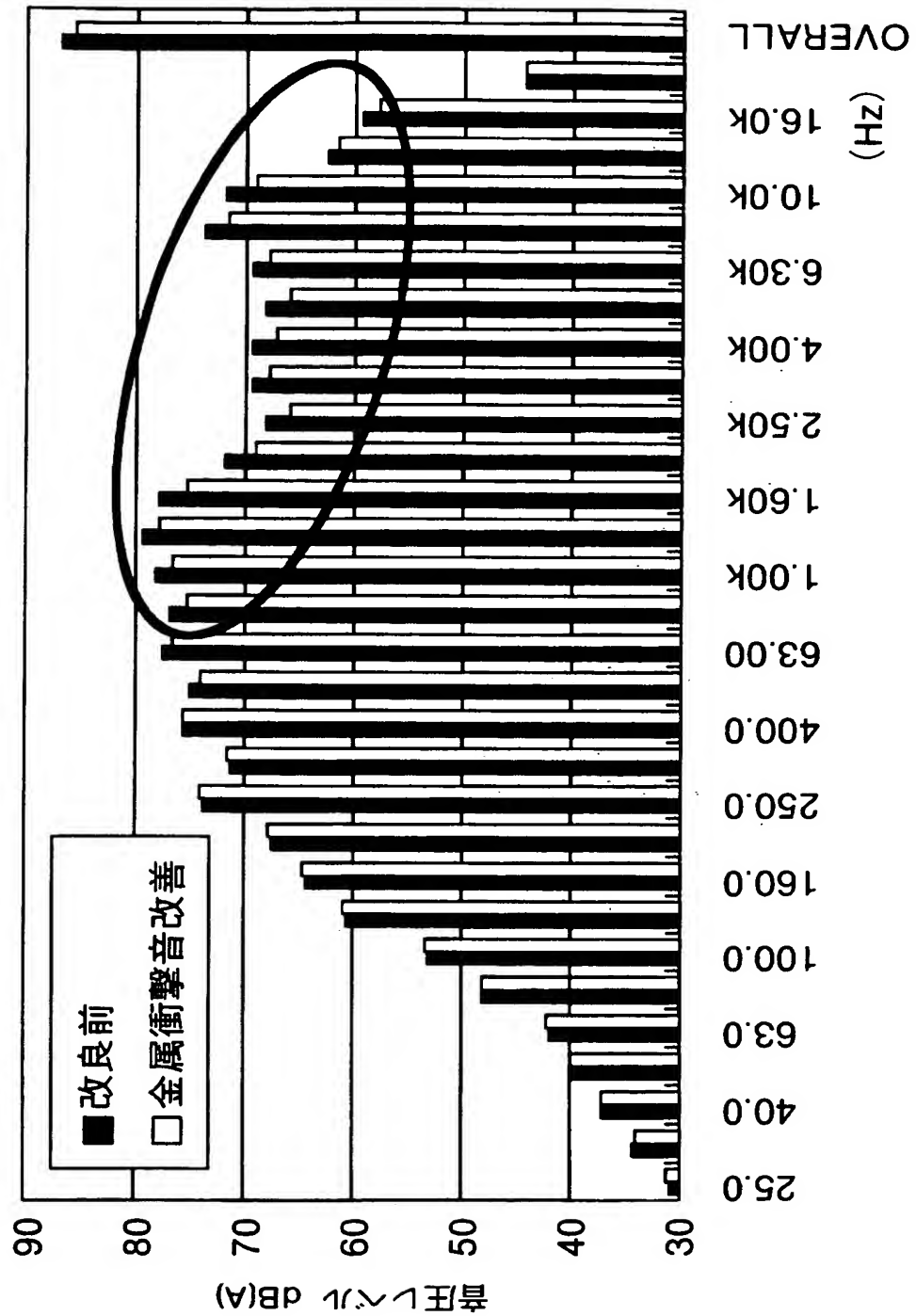
【図 22】



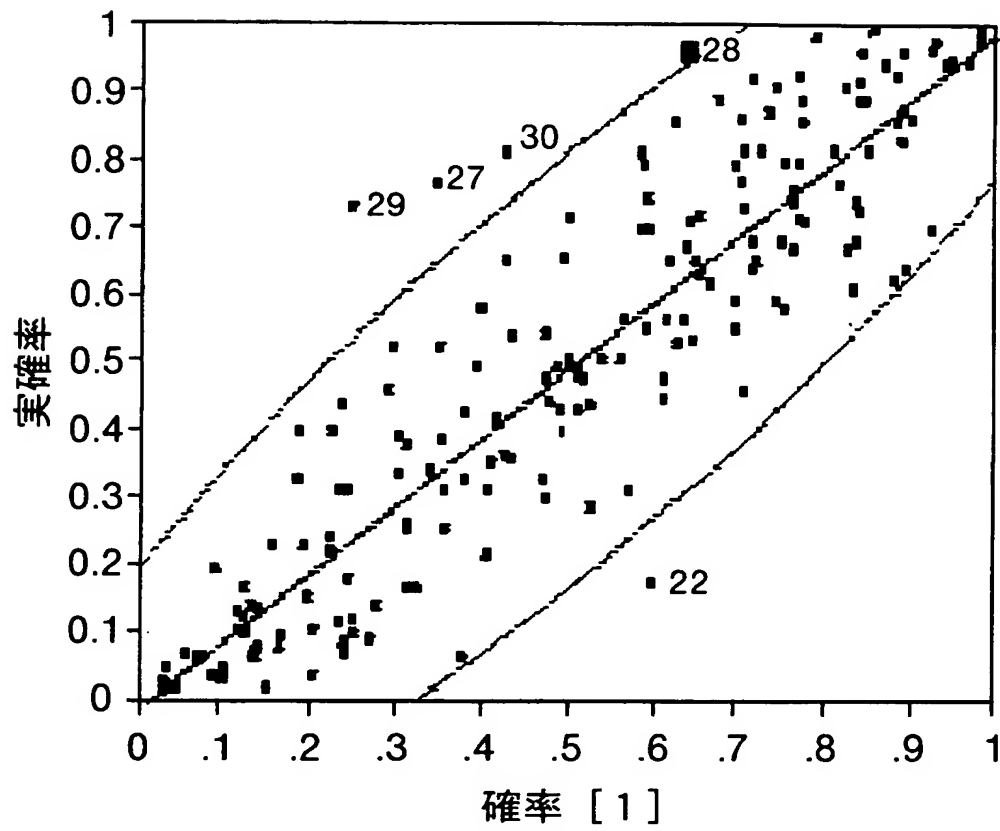
【図 23】



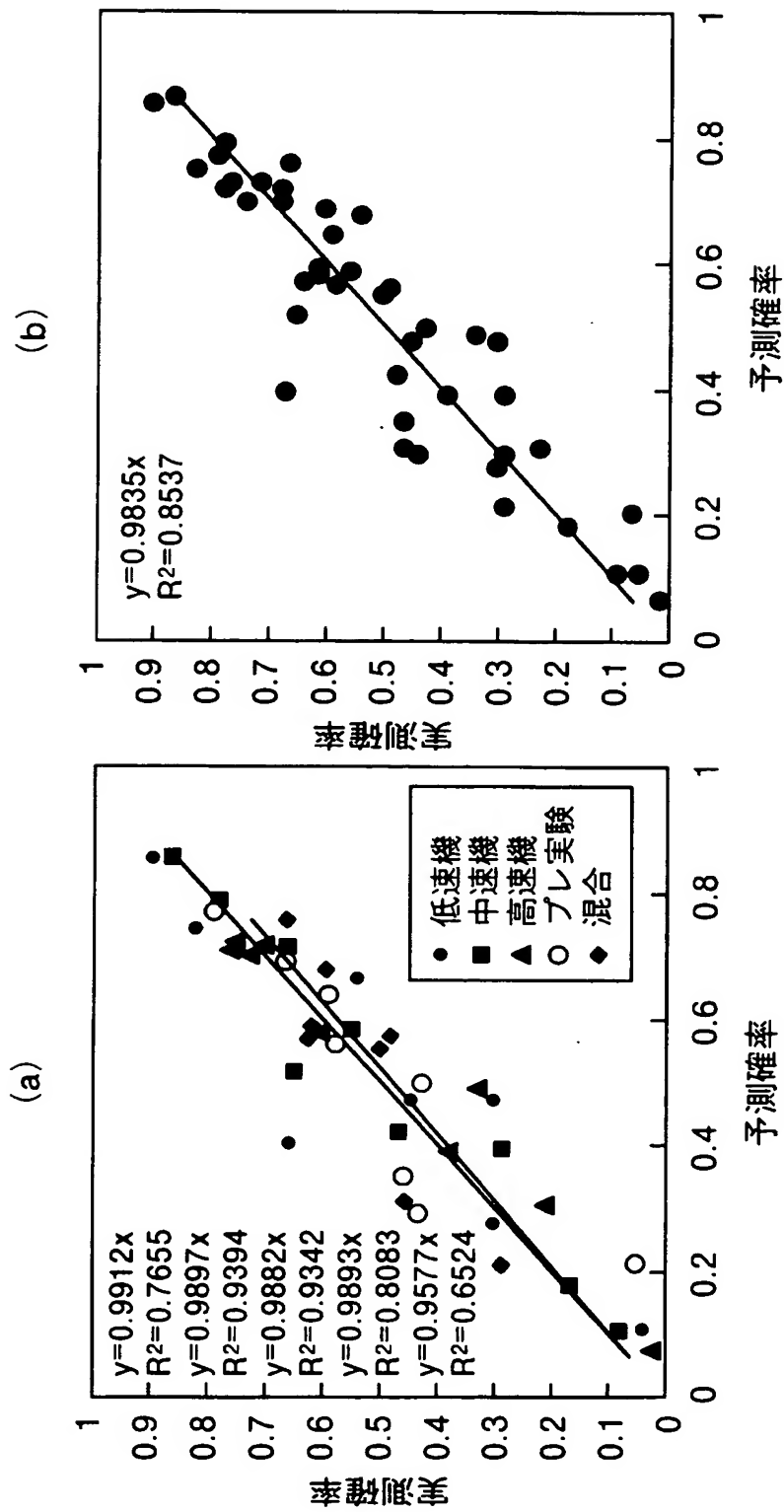
【図 24】



【図 25】



【図 26】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低速機から中高速機までの画像形成装置に対する不快音源を、合理的に評価可能とし、かつ理解しやすい値で示した上で、改善することにより、心理的な不快感を緩和すること。

【解決手段】 音圧レベル値、心理音響パラメータのラウドネス値、シャープネス値、トーンリティ値、インパルスiveness値、p p m値を用いた式（a）によって算出される不快確率値が、（b）の条件を満たす画像形成装置を提供することにより、低速～高速で稼動する画像形成装置から発せられる音の不快確率を算出することが可能な音質評価式の導出を行ない、画像形成装置の速度と不快感の許容値の関係を近似化する。

【選択図】 図 8

特願 2 0 0 2 - 2 4 4 0 6 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 7 4 7]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 4 日
 [変更理由] 新規登録
 住 所 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号
 氏 名 株式会社リコー

2. 変更年月日 2 0 0 2 年 5 月 1 7 日
 [変更理由] 住所変更
 住 所 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号
 氏 名 株式会社リコー